



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

地理信息系统教程

Dili Xinxi Xitong Jiaocheng

(第二版)

主编: 汤国安



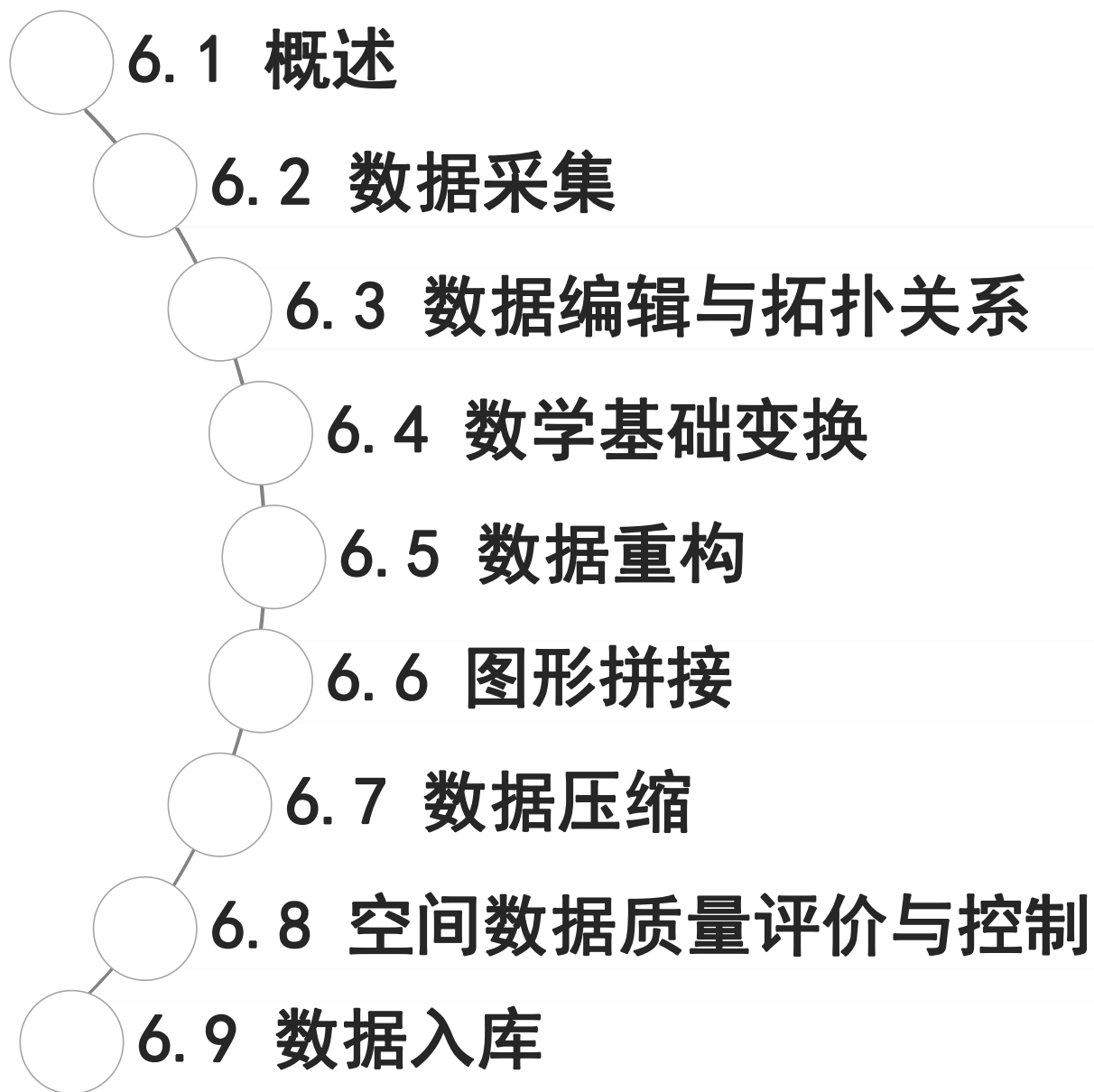
编著: 汤国安 刘学军 闫国年
盛业华 王 春 张海平

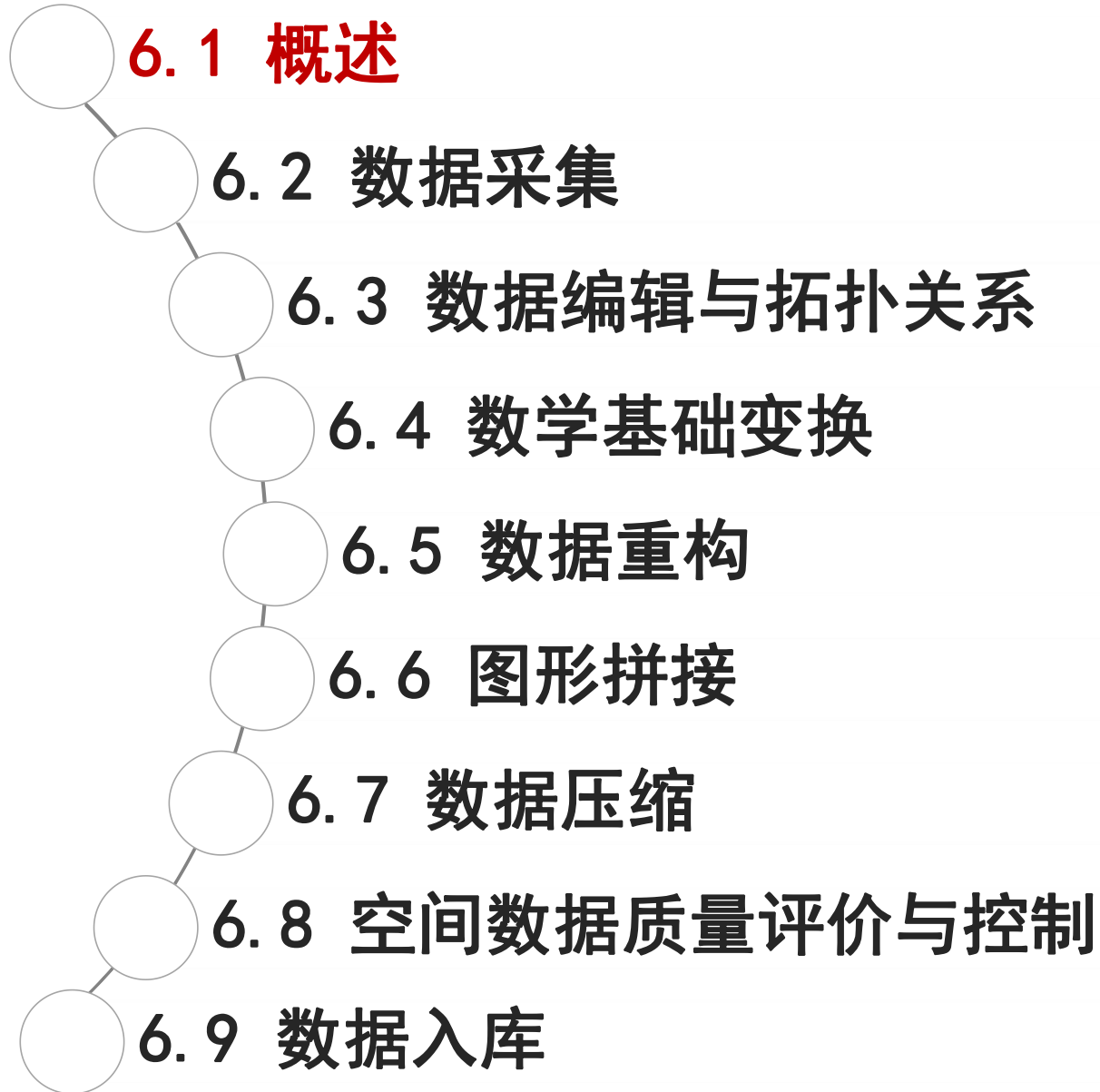
高等教育出版社



第六章：空间数据采集与处理

本讲大纲

- 
- 6.1 概述
 - 6.2 数据采集
 - 6.3 数据编辑与拓扑关系
 - 6.4 数学基础变换
 - 6.5 数据重构
 - 6.6 图形拼接
 - 6.7 数据压缩
 - 6.8 空间数据质量评价与控制
 - 6.9 数据入库

- 
- 6.1 概述
 - 6.2 数据采集
 - 6.3 数据编辑与拓扑关系
 - 6.4 数学基础变换
 - 6.5 数据重构
 - 6.6 图形拼接
 - 6.7 数据压缩
 - 6.8 空间数据质量评价与控制
 - 6.9 数据入库

6.1 概述

当前大纲

6.1.1 数据源分类

6.1.2 数据源特征

6.1.3 空间数据采集与处理的基本流程

6.1 概述

6.1.1 数据源分类

整个地理信息系统就是围绕着空间数据的采集、处理、存储、分析和表现而展开的，因此空间数据来源、采集手段、生成工艺、数据质量都直接影响到地理信息系统应用的潜力、成本和效率。



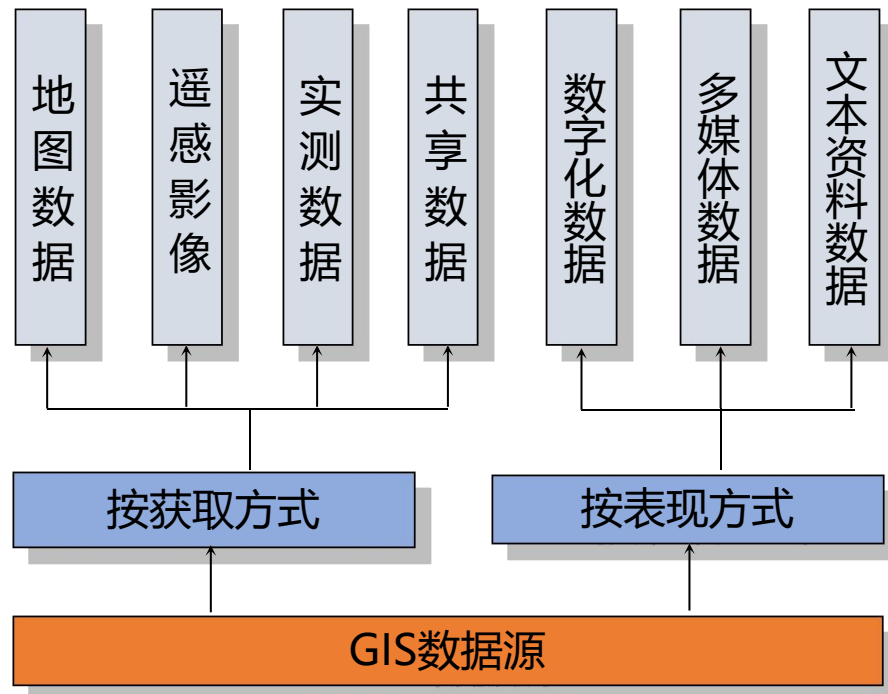
GIS工程是以空间数据处理为线索的软件工程

硬件 : 软件 : 数据 = 1 : 2 : 7

6.1 概述

6.1.1 数据源分类

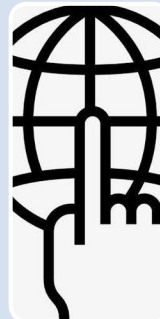
GIS数据源比较丰富，类型多种多样，通常可以根据数据获取方式或数据表现形式进行分类。



GIS数据源分类示意图

6.1 概述

6.1.2 数据源特征



地图数据

- 包括普通地图和专题地图

遥感影像数据

- 包括航空影像和卫星影像

实测数据

- 各种野外实验、实地测量所得

统计数据

- 表格、数据库等

共享数据

- 已有数据的共享

多媒体数据

- 声音、录像等

文本资料数据

- 各种文字报告和立法文件等

物联网-传感器数据

- 主要城市社会物联网数据和自然环境监测大数据

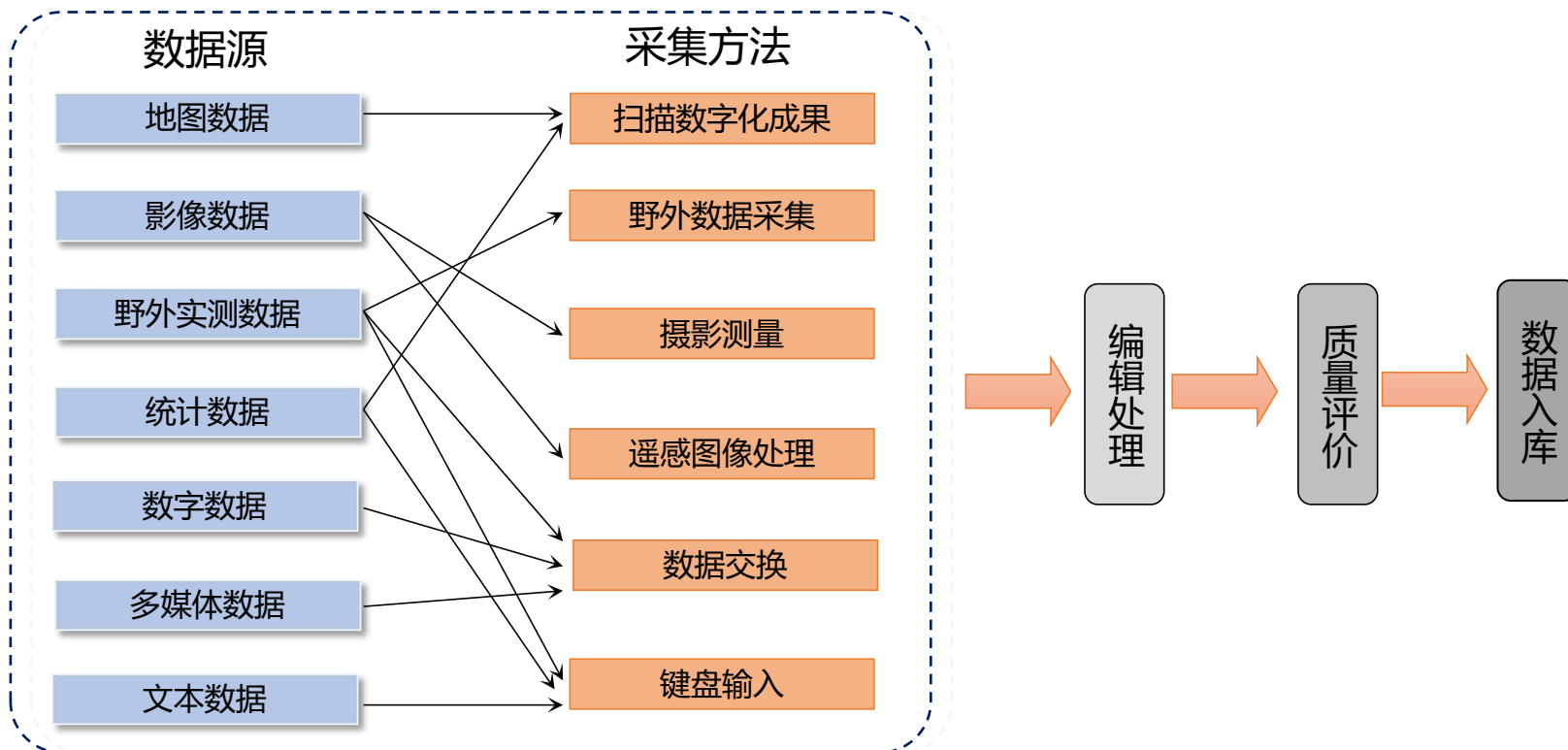
互联网数据

- 包括社交媒体数据和各类评论数据

6.1 概述

6.1.3 空间数据采集与处理的基本流程

不同的数据源，有不同的采集与处理方法，总体上讲，空间数据的采集与处理包含图所示的基本内容。



空间数据采集的基本内容

6.1 概述

6.1.3 空间数据采集与处理的基本流程

□ 数据源的选择

地理信息系统可用的数据源多种多样，进行选择时，应注意从以下三个方面考虑：

- 是否能够满足系统功能的要求属性特征
- 所选数据源是否已有使用经验空间关系
- 系统成本

6.1 概述

6.1.3 空间数据采集与处理的基本流程

□ 采集方法的确定

- 地图数据 (扫描矢量化)
- 遥感影像数据 (摄影测量、遥感图像处理)
- 实测数据 (全站仪数据采集、GPS测量等)
- 统计数据 (键盘输入、扫描仪输入等)
- 共享数据 (数据交换等)
- 多媒体数据 (数据交换)
- 文本资料数据 (键盘直接输入)

6.1 概述

6.1.3 空间数据采集与处理的基本流程

□ 数据的编辑和处理

各种方法所采集的原始空间数据，都不可避免地存在着错误或误差，属性数据在建库输入时，也难免会存在错误，所以对图形数据和属性数据进行一定的检查、编辑是很有必要的。要求不同，方法也不同，常用方法有：

- 数学基础、数据结构的转换
- 图形拼接、拓扑生成
- 数据压缩

6.1 概述

6.1.3 空间数据采集与处理的基本流程

□ 数据质量控制与评价

无论何种数据源，使用何种方法进行采集，都不可避免地存在各种类型的误差，而且误差会在数据处理及系统的各个环节之中累计和传播。对于数据质量的控制和评价是系统有效运行的重要保障和系统分析结果可靠性的前提条件之一。

6.1 概述

6.1.3 空间数据采集与处理的基本流程

□ 数据入库

数据入库就是按照空间数据管理的要求，把采集和处理的成果数据导入到空间数据库中。



数据

数据处理



空间数据库

- 6.1 概述
- 6.2 数据采集
- 6.3 数据编辑与拓扑关系
- 6.4 数学基础变换
- 6.5 数据重构
- 6.6 图形拼接
- 6.7 数据压缩
- 6.8 空间数据质量评价与控制
- 6.9 数据入库

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

数据采集就是运用各种技术手段，通过各种渠道收集数据的过程。

服务于地理信息系统的数据采集工作包括两方面内容：空间数据的采集和属性数据的采集。

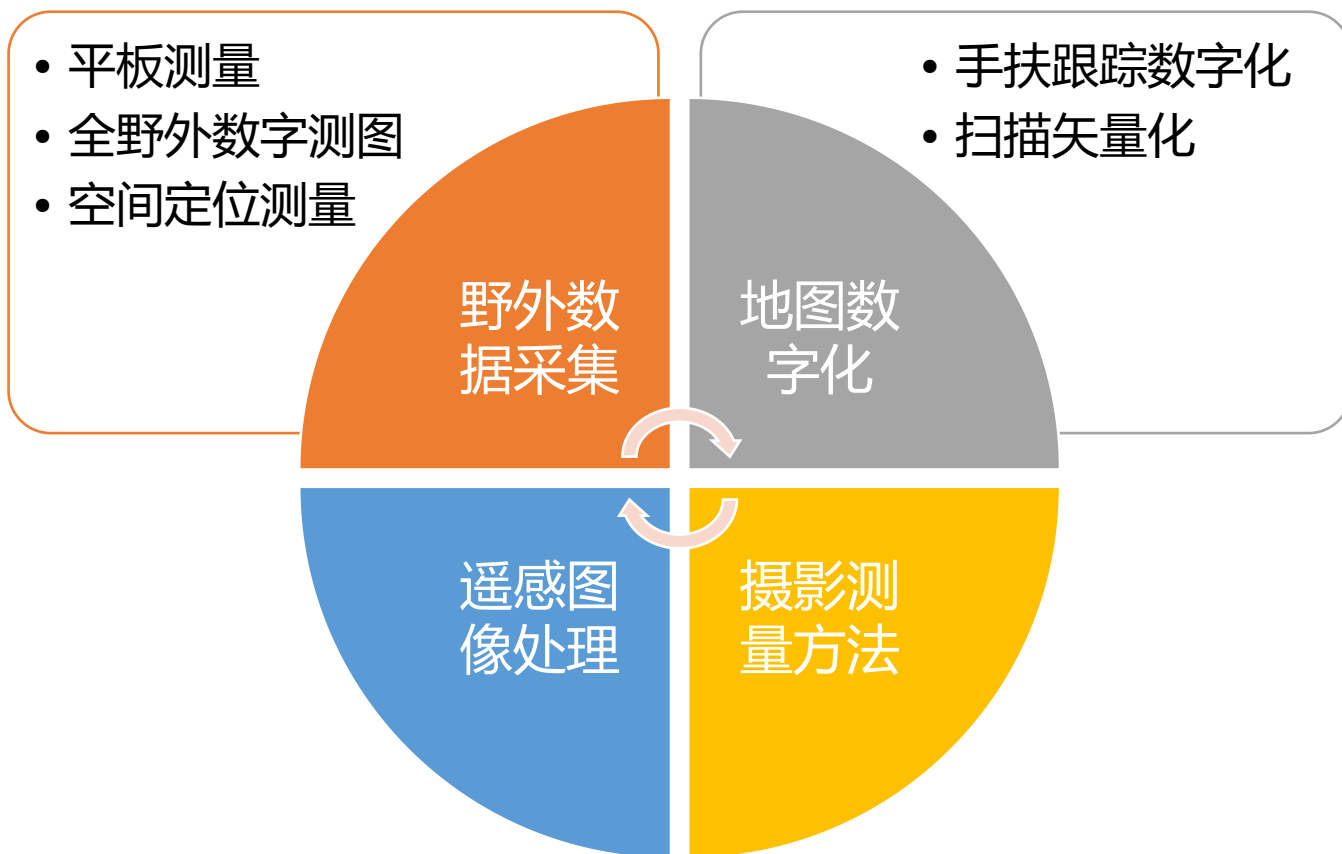
- ◆ 空间数据采集的方法：野外数据采集、现有地图数字化、摄影测量方法、遥感图像处理等方法
- ◆ 属性数据包括采集的过程及采集后的分类和编码，相应的采集方法：从相关部门的观测、测量数据、各类统计数据、专题调查数据、文献资料数据等渠道获取

此外，遥感图像解译也是获取属性数据的重要渠道。

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 野外数据采集



野外测量主要手段

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 数字测记

数字测记模式使用全站仪或GNSS RTK在实地测定或计算地形、地物特征点（也称碎部点）的三维坐标，用仪器内存储器或联机通讯（使用数据线的有线通讯或蓝牙无线通讯）的电子手簿记录碎部点定位信息，用草图或简码记录其他绘图信息，在室内将测量数据传输到计算机，在数字测图软件的支持下，进行人机交互编辑与处理，得到DLG、DEM及全要素地形图。

根据实地采集数据所使用设备的不同，又可进一步分为**全站仪数据测记模式**和**GNSS RTK数字测记模式**。

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 电子平板测绘

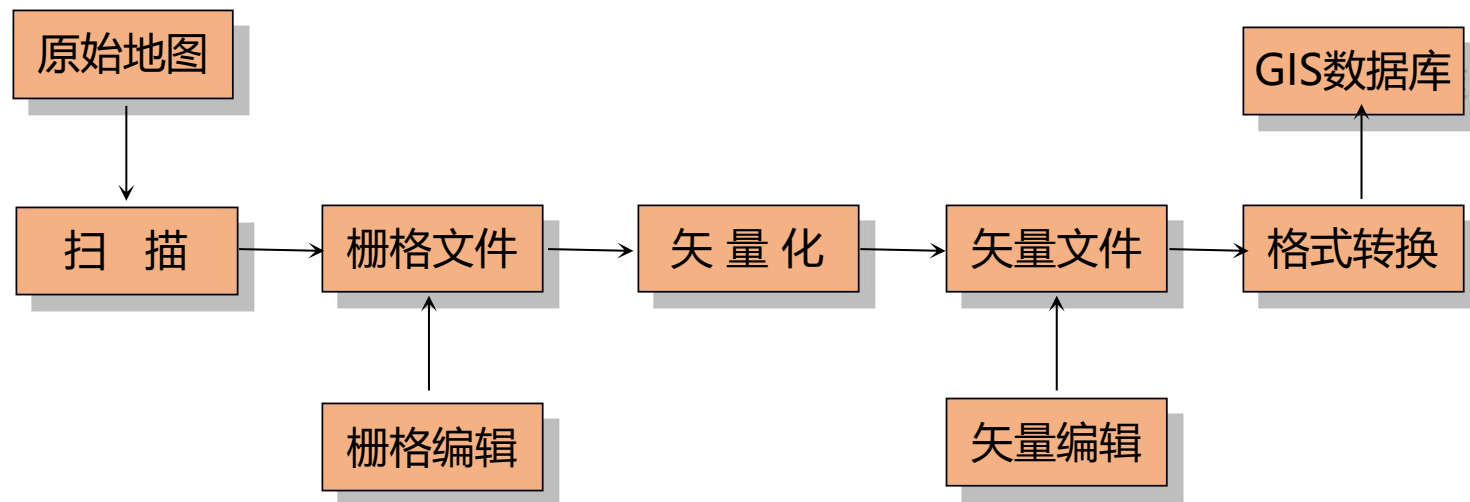
电子平板测绘模式实际上是使用“**全站仪 + 便携机 + 测图软件**”在实地进行数据采集与编辑、制图的作业方式。

在该模式中，使用便携机（笔记本电脑或PDA）的屏幕模拟测图平板，利用数字测图软件，在野外直接将全站仪测定的碎部点实时传输给便携机并展绘到屏幕上，依据测点的连接关系，进行地形、地物要素的矢量化编辑，从而实现测与绘的同步，达到“**所测即所得**”的目的。

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 地图数字化-手扶跟踪数字化

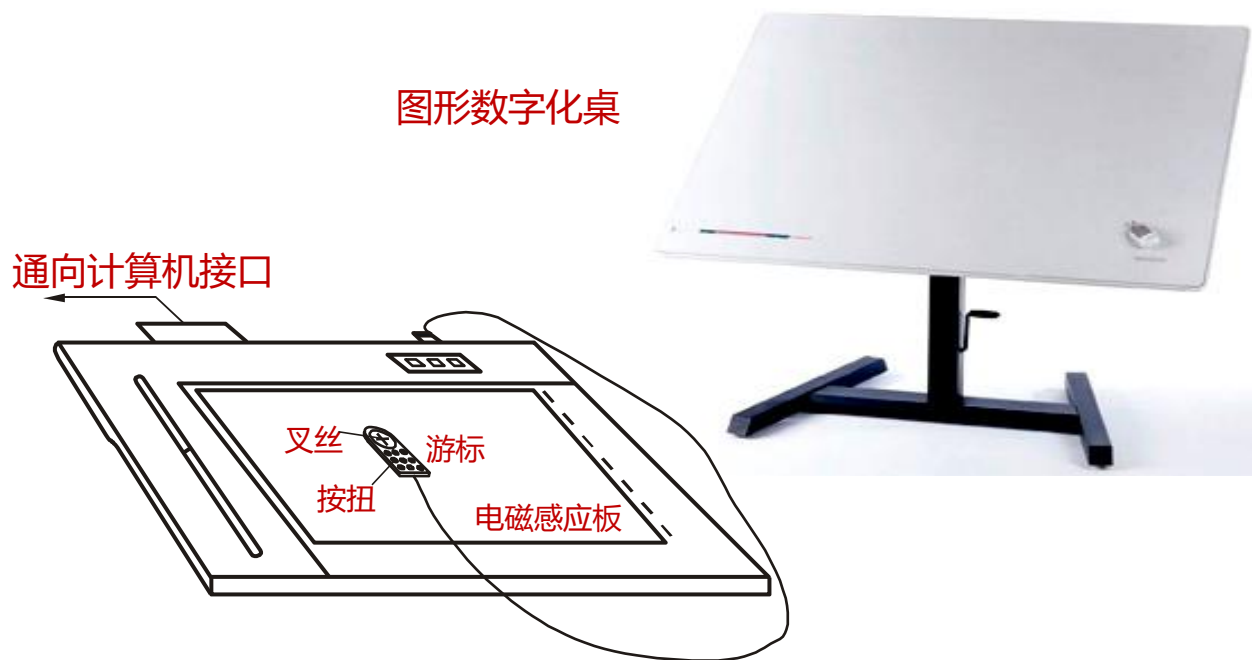


地图扫描矢量化的工作流程

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 地图数字化-手扶跟踪数字化

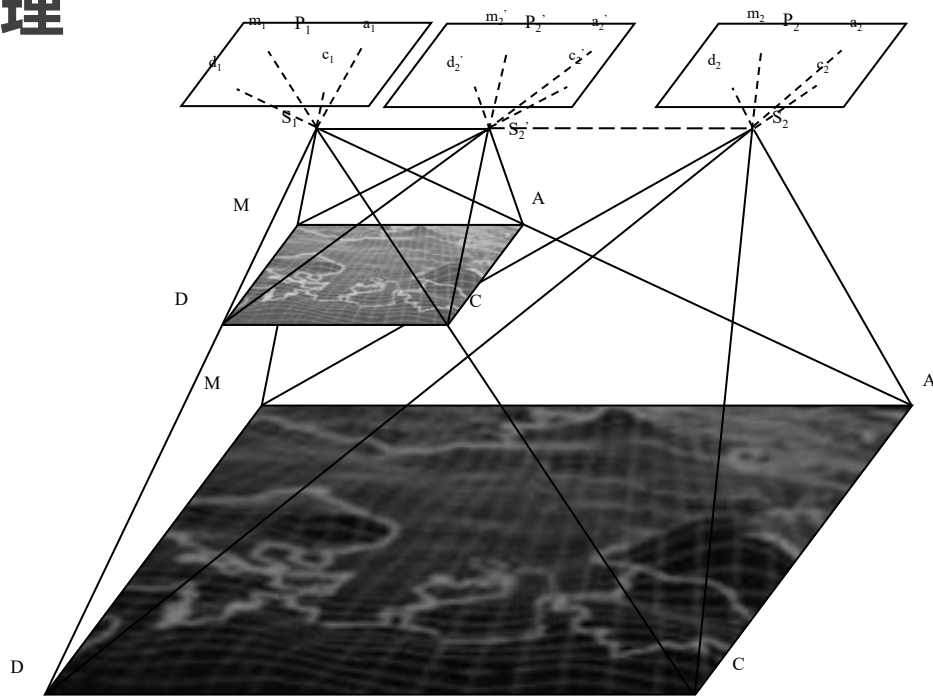


6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 摄影测量方法-摄影测量原理

航测上规定当主轴线与铅垂线方向的夹角小于 3° 时为垂直摄影。摄影测量通常采用立体摄影测量方法采集某一地区空间数据，对同一地区同时摄取两张或多张重叠的像片，在室内的光学仪器上或计算机内恢复它们的摄影方位，重构地形表面，即把野外的地形表面搬到室内进行观测。



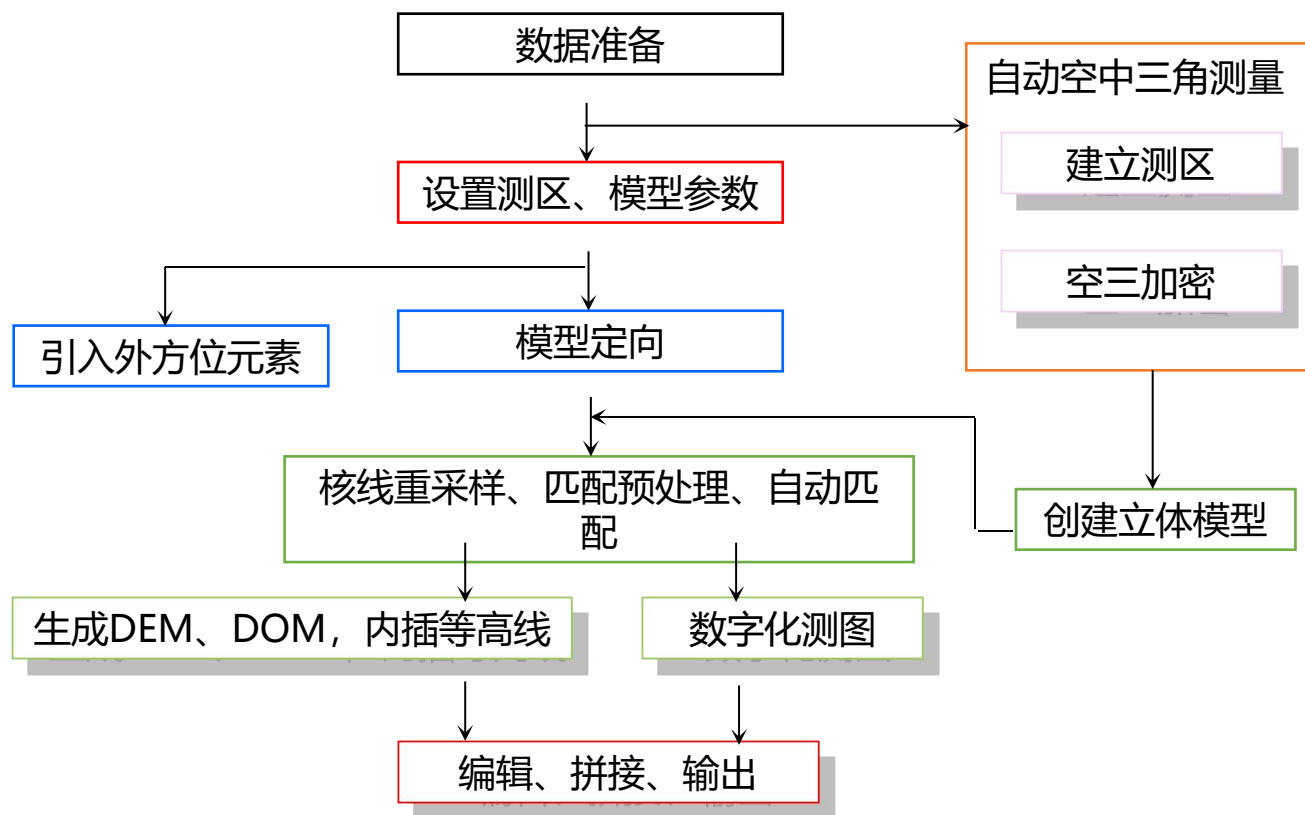
立体摄影测量的原理

航测上对立体覆盖的要求是当飞机沿一条航线飞行时相机拍摄的任意相邻两张像片的重叠度（航向重叠）不少于55%-65%，在相邻航线上的两张相邻像片的旁向重叠应保持在30%。

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 数字摄影测量方法采集流程



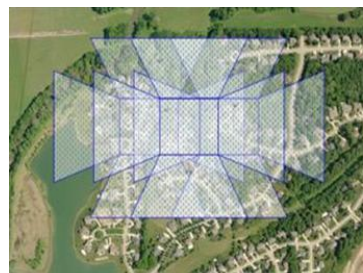
数字摄影测量方法采集数据的一般流程

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 倾斜摄影测量技术

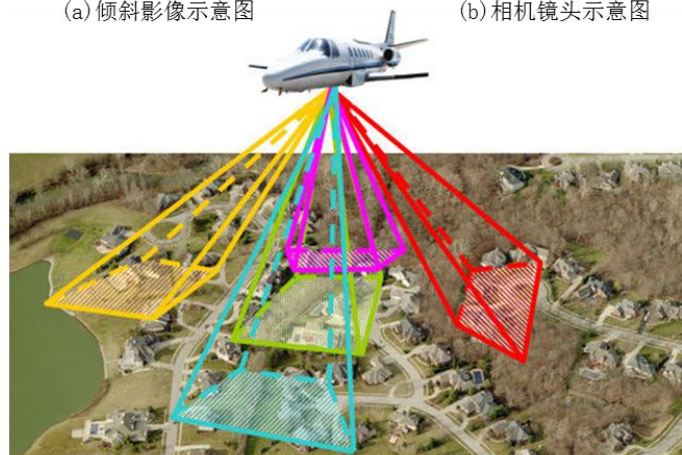
倾斜摄影测量技术通过在同一飞行平台上搭载多台传感器，同时从一个垂直、四个倾斜等五个不同的角度采集影像，不仅能够真实地反应地物情况，而且还通过采用先进的定位技术，嵌入精确的地理信息、更丰富的影像信息，同时有效提升模型的生产效率。



(a) 倾斜影像示意图



(b) 相机镜头示意图

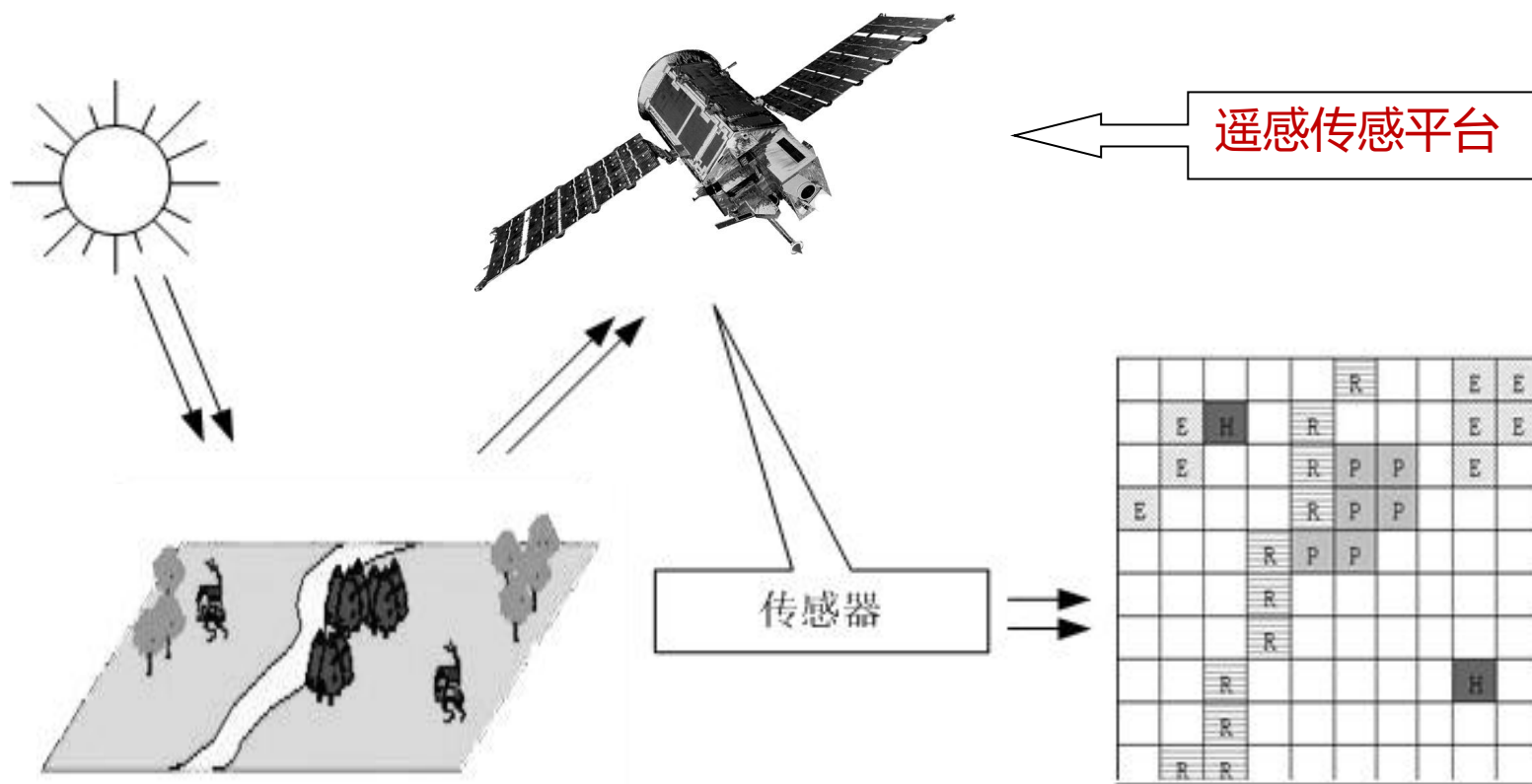


(c) 影像采集示意图

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 遥感图像处理



遥感原理示意图

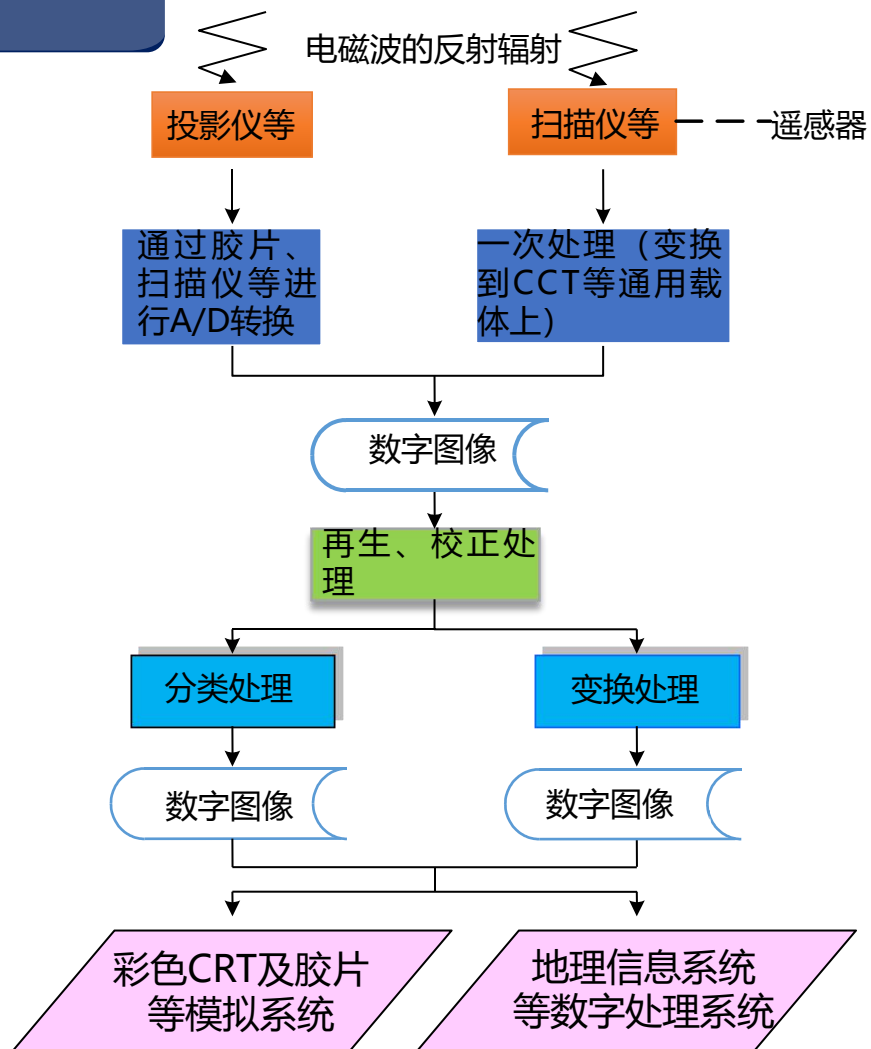
6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

遥感图像处理

遥感数据处理	再生校正	图像重建
		图像复原
		辐射量校正
		几何校正
		镶嵌
	变换	灰度信息变换
		空间信息变换
		几何信息变换
		数据压缩
	分类	总体测定 (earning)
		分类 (classification)
		区域分割
		匹配

遥感数据处理的主要内容



遥感数据的基本处理流程

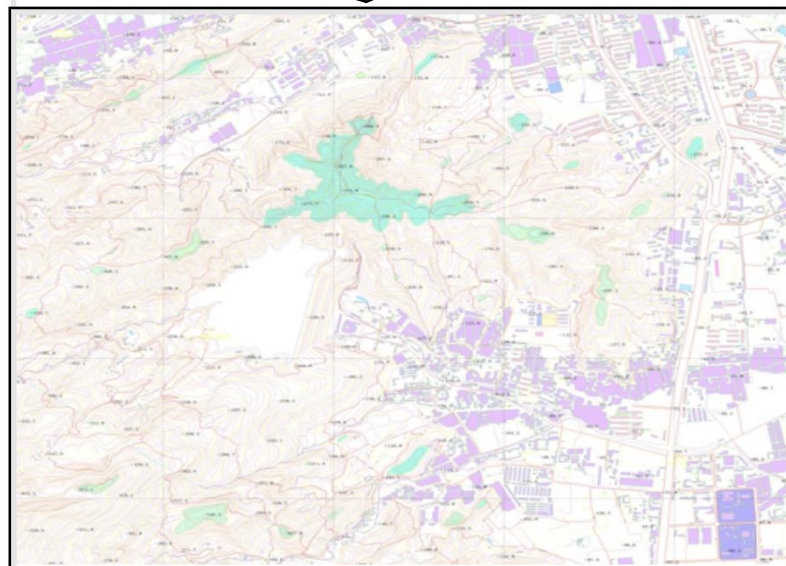
6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 遥感图像处理



遥感影像



地形图

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 社会经济普查数据



社会环境数据

包括城市与人口、交通网、行政区划、地名、文化和通信设施 5 类。

• 可从人口普查办公室、外交部、民政部、国家测绘局，以及林业、文化、教育、卫生、邮政等相关部门获取。



自然环境数据

包括地形数据、海岸及海域数据、水系及流域数据、基础地质数据 5 类。

• 可以从国家测绘局、国家海洋局、水利部以及地质、矿产、地震、石油等相关部门和机构获取。



资源与能源

包括土地资源相关数据、气候和水热资源相关数据、生物资源相关数据、矿产资源相关数据、海洋资源相关数据 5 类。

• 可从中国科学院，国家测绘局及农、林、气象、水电、海洋等相关部门获取。



其他统计数据

例如，地理国情监测就属于国家层面的大范围、高精度的数据普查工作。

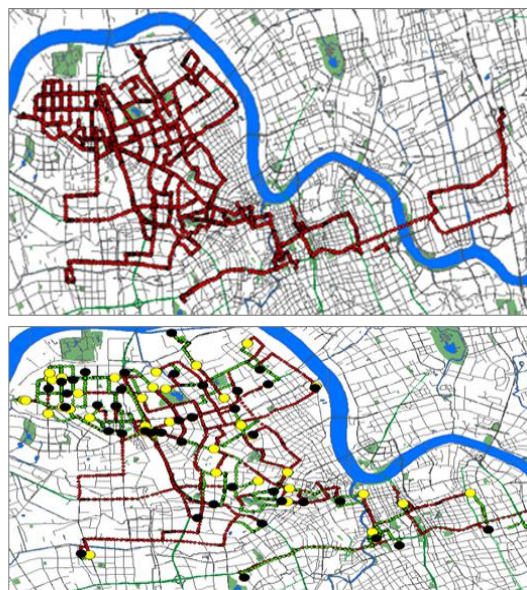
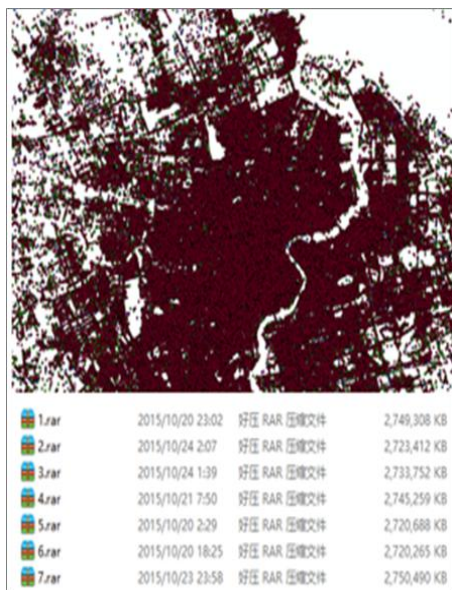
• 另外，如地名普查、土地资源调查等也是主要的普查数据。

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 时空大数据采集

定位导航时空大数据采集：目前，最为常见的交通大数据包括城市出租车轨迹数据、共享单车和公共单车定位数据及其它公共交通实时监测数据。主要包括车辆轨迹数据和手机信令基站定位数据。

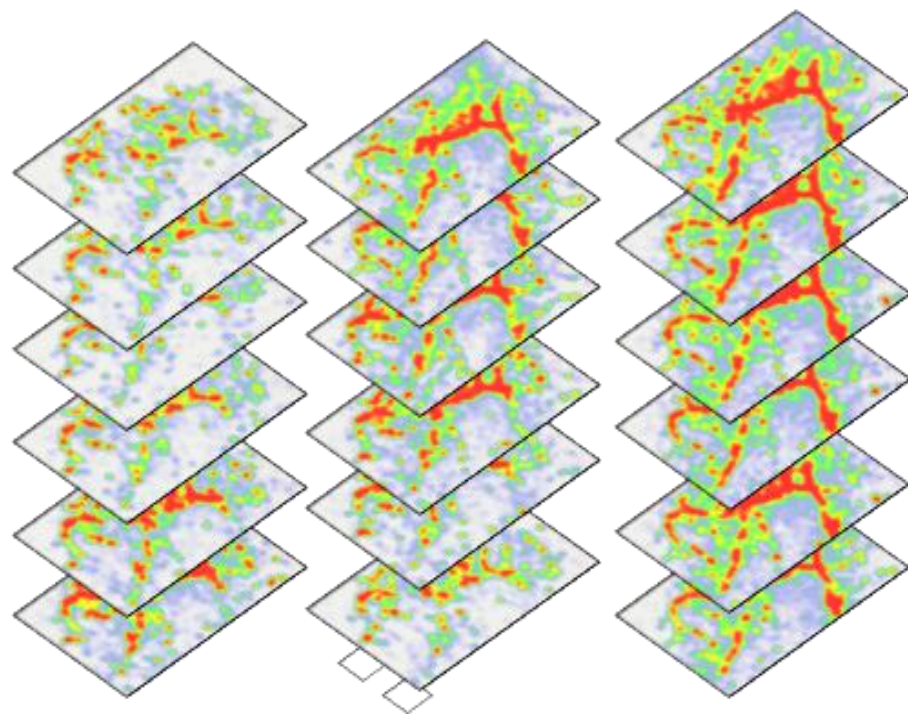


6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 手机信令基站定位数据

手机已经成为人们日常生活中必不可少的通讯工具。实际上，手机就是一个传感器，它记录着每一个人每天的日常行为。通过手机信令数据，可以分析人口的迁徙、居民的日常活动等信息。不仅如此，腾讯、百度等厂商，还通过人们定位信息，模拟与预测全国范围内不同尺度的人口密度和人口迁徙。



基于位置的人口时空热力图

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 互联网大数据采集：

基于**网络爬虫技术**的互联网大数据获取成为大数据采集、应用和分析的一大主流方向。

主要包括基础网络时空大数据采集（通过爬虫技术获取数百种互联网兴趣点数据）以及基于网页文本的地理信息采集（基于机器学习的自然语言处理技术能够从文本中提取地理位置信息和相关的语义信息）。

6.2 数据采集

6.2.1 空间数据采集

□ 物联网-传感器大数据采集

物联网技术是实现智慧城市的主要支撑技术。其目标是将人、物通过传感器互联，从而构建一个人和人、物和物及人和物之间均互联的系统。物联网主要通过各种传感器实现。由于无论是静态的传感器还是动态移动的传感器，都与地理位置和时间强相关，因此，大多数物联网所产生的数据都属于时空大数据，因此也是GIS的主要数据源。主要有社会感知大数据采集以及自然环境感知大数据采集。



6.2 数据采集

6.2.2 属性数据采集

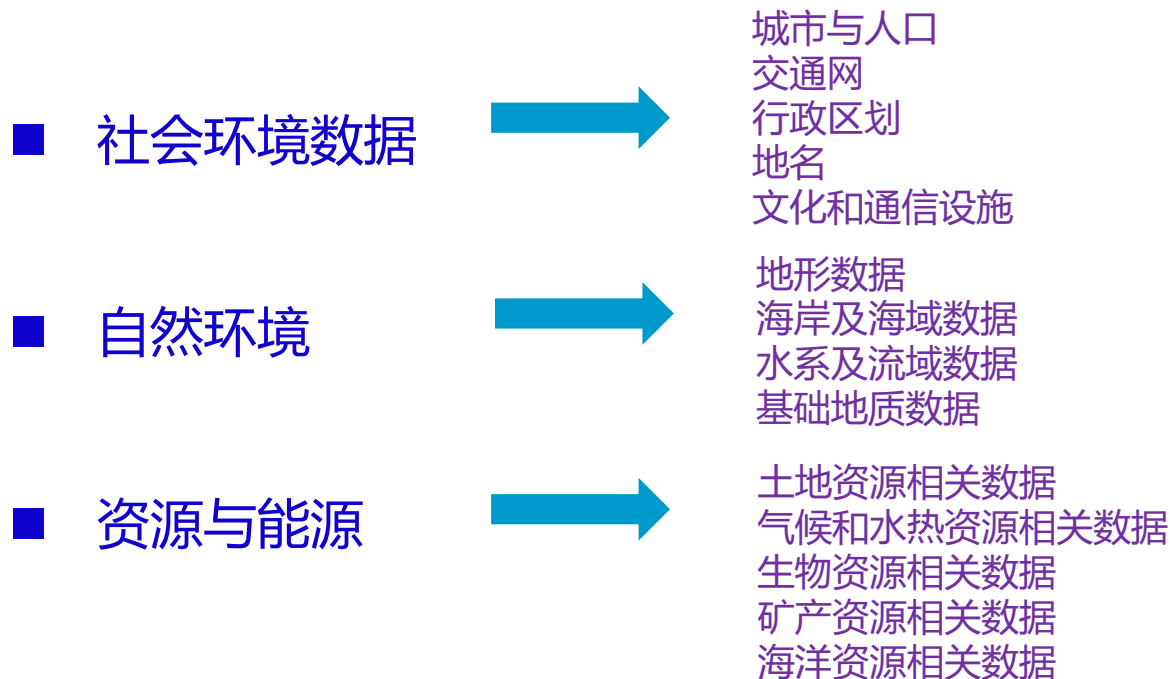
- ❖ 属性数据包括各类调查报告、文件、统计数据、实验数据与野外调查的原始记录等，如人口数据、经济数据、土壤成份、环境数据；
- ❖ 对于待输入的属性数据，若数据量较小，可通过键盘直接键入，若数量大，一般使用关系型数据库或文件、表格、数据库导入；
- ❖ 对于要直接记录到栅格或矢量数据文件中的属性数据，则必须进行编码输入。

6.2 数据采集

6.2.2 属性数据采集

□ 属性数据的来源

国家资源与环境信息系统规范在“专业数据分类和数据项目建议总表”中，将数据分为社会环境、自然环境和资源与能源三大类共14小项，并规定了每项数据的内容及基本数据来源。

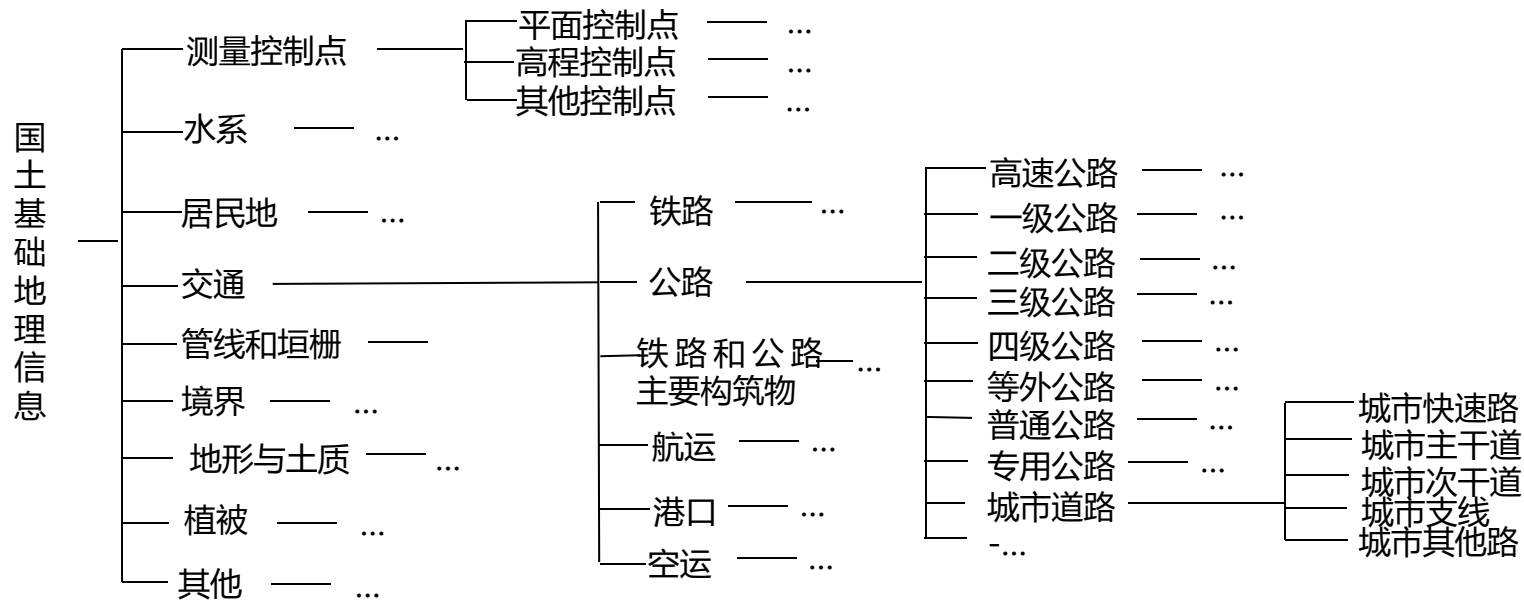


6.2 数据采集

6.2.2 属性数据采集

属性数据的分类

我国《国土基础地理信息数据分类与代码》（GB/T 13923-1992）将地球表面的自然和社会基础信息分为9个大类，在每个大类下又依次细分为小类、一级和二级类：



国土基础地理信息分类体系

6.2 数据采集

6.2.2 属性数据采集

□ 数据编码方案的制定

在属性数据分类编码的过程中，应力求规范化、标准化，有可遵循标准的尽量依标准。如要对交通GIS系统数据进行编码，就有许多规范及行业标准可以遵循。

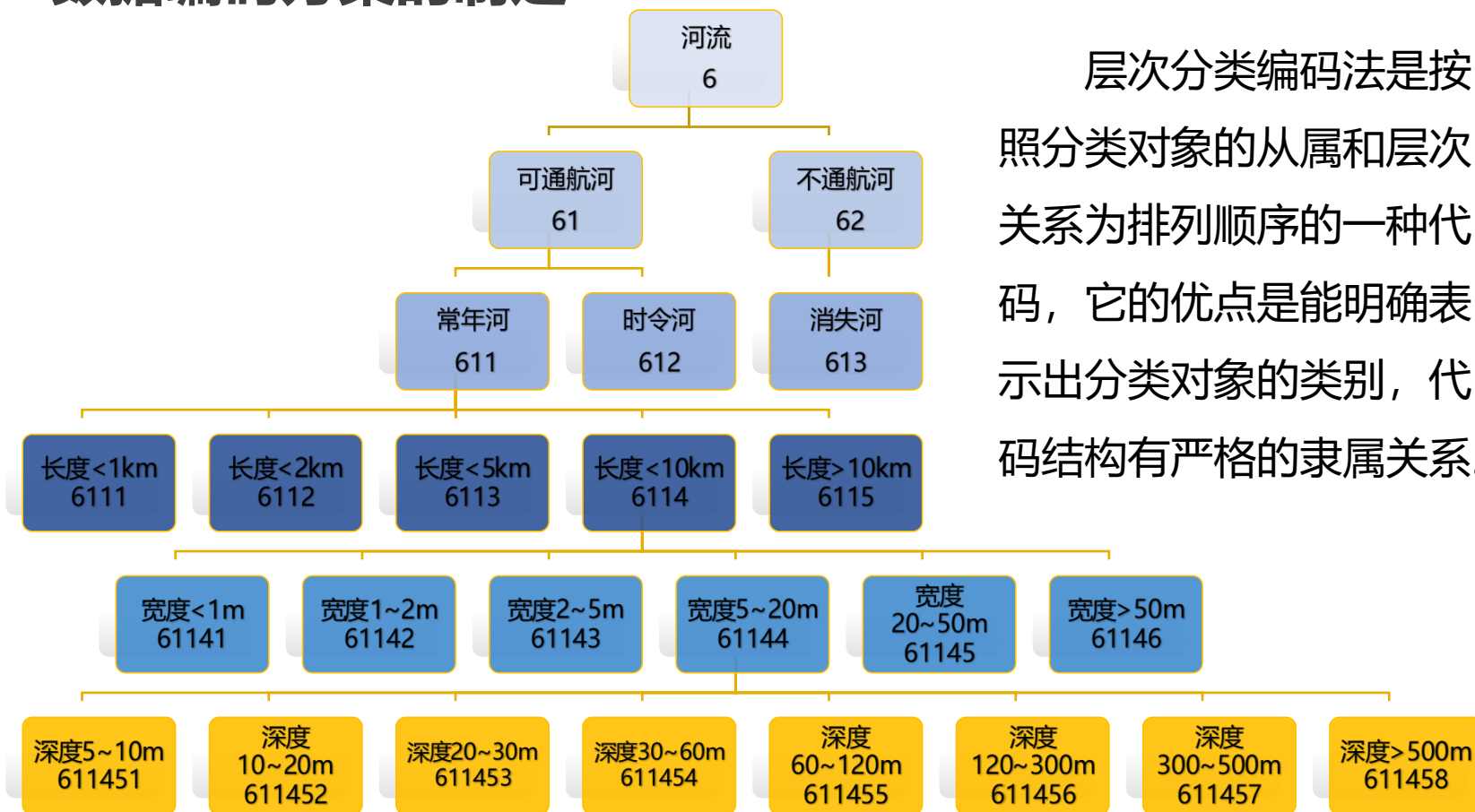
与交通GIS相关的国家及行业标准

GB2260-95	中华人民共和国行政区划代码
GB10114-88	县以下行政区划代码编制规则
GB12409-90	地理格网
GB/T15660-95	1:5千、1:1万、1:2.5万、1:5万、1:10万地形图要素与代码
GB917.1-917.2	公路路线命名编号和编码规则
JT0022-90	公路管理养护单位代码编制规则
JTJ073-96	公路养护技术规范
GB920-89	公路路面等级与面层类型代码
GB/T919-94	公路等级代码
GB11708-89	公路桥梁命名编号和编码规则
GBJ124-88	道路工程术语标准
GB/T4754-94	国民经济行业分类与代码

6.2 数据采集

6.2.2 属性数据采集

□ 数据编码方案的制定



层次分类编码法是按照分类对象的从属和层次关系为排列顺序的一种代码，它的优点是能明确表示出分类对象的类别，代码结构有严格的隶属关系。

河流层次编码

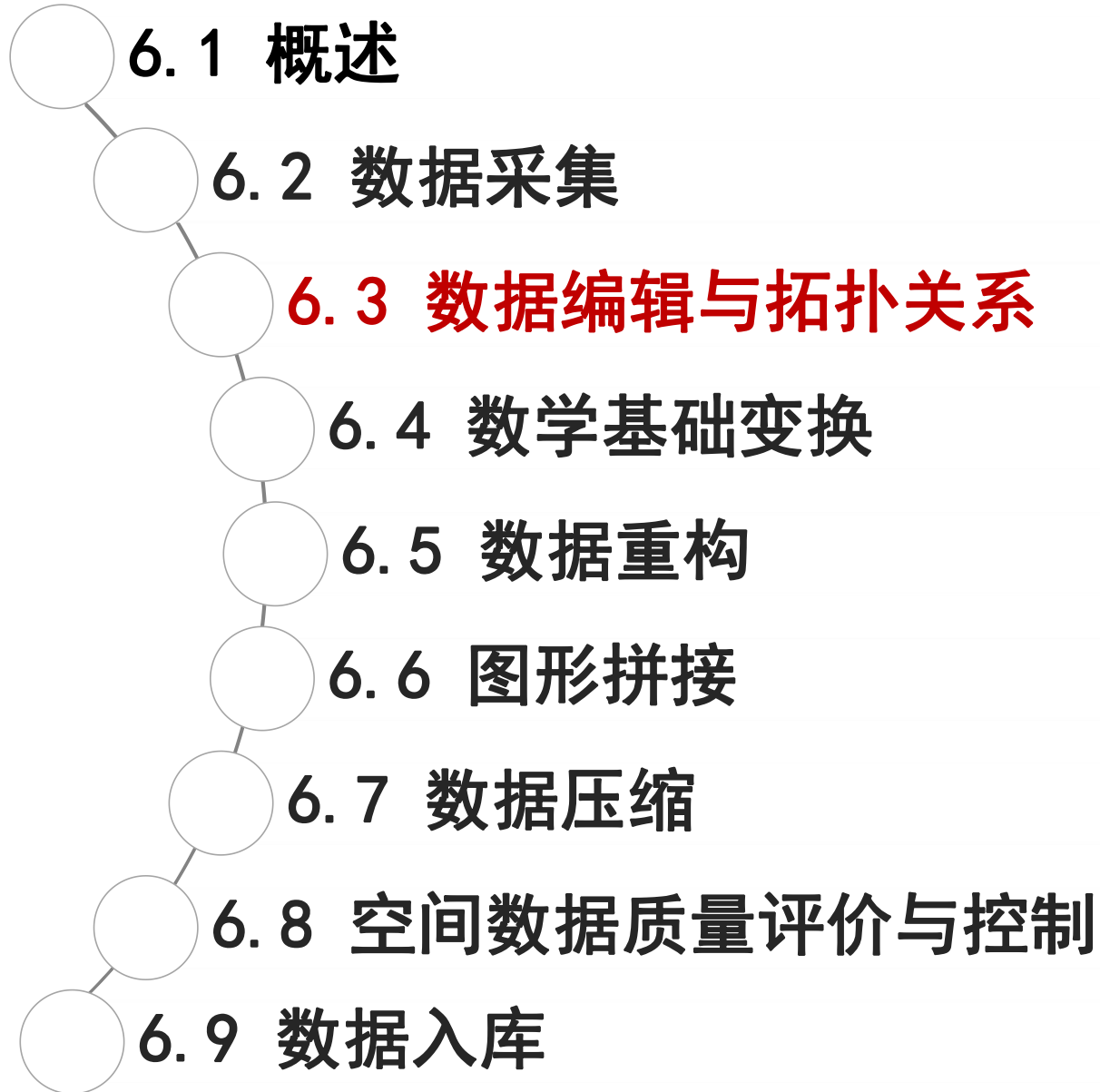
6.2 数据采集

6.2.2 属性数据采集

□ 多源分类编码

多源分类编码又称独立分类编码法，是指对于一个特定的分类目标，根据诸多不同的分类依据分别进行编码，各位数字代码之间并没有隶属关系。下表以河流为例说明了属性数据多源分类编码法的编码方法。

河流编码的标准分类方案				
通航情况	流水季节	河流长度	河流宽度	河流深度
通航： 1 不通航： 2	常年河： 1 时令河： 2 消失河： 3	<1 Km： 1 <2 Km： 2 <5 Km： 3 <10 Km 4 >10 Km 5	< 1 m： 1 1~2 m： 2 2~5 m： 3 5~20 m： 4 20~50 m： 5 >50 m： 6	5~10 m： 1 10~20 m： 2 20~30 m： 3 30~60 m： 4 60~120 m： 5 120~300 m： 6 300~500 m： 7 >500 m： 8

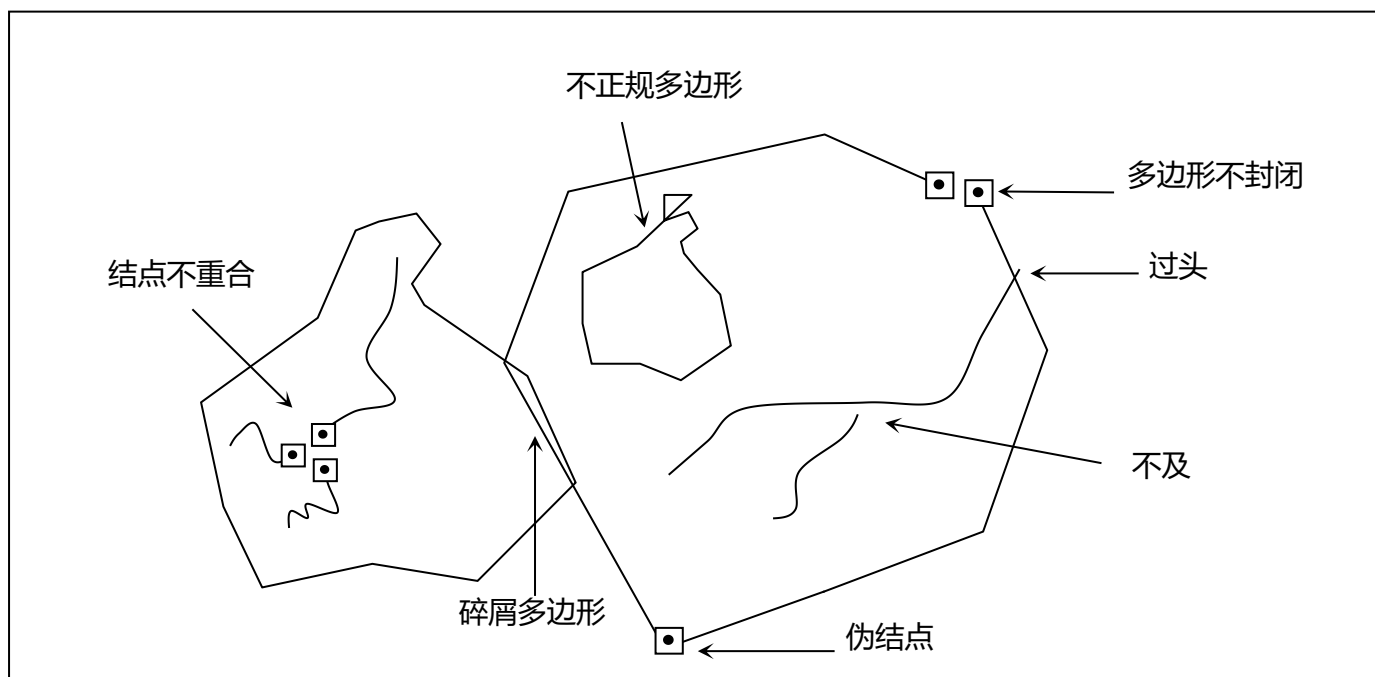
- 
- 6.1 概述
 - 6.2 数据采集
 - 6.3 数据编辑与拓扑关系**
 - 6.4 数学基础变换
 - 6.5 数据重构
 - 6.6 图形拼接
 - 6.7 数据压缩
 - 6.8 空间数据质量评价与控制
 - 6.9 数据入库

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.1 数据编辑

□ 图形数据编辑

空间数据采集过程中，人为因素是造成图形数据错误的主要原因。



数据错误示意图

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.1 数据编辑

□ 图形数据编辑中经常出现的错误

- 伪节点 (Pseudo Node)
- 悬挂节点 (Dangling Node)
- 碎屑多边形(Sliver Polygon)
- 不正规的多边形 (Weird Polygon)
- 规则的人为对象 (栅格、立方体元)
- 规则的人为对象 (栅格、立方体元)

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.1 数据编辑

□ 其他错误

其它图形数据错误，包括遗漏某些实体、重复录入某些实体、图形定位错误等的检查一般采用如下方法进行：

- 叠合比较法
- 目视检查法
- 逻辑检查法

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.1 数据编辑

□ 图形数据编辑

对于检查出的错误，对图形数据编辑是通过向系统发布编辑命令(多数是窗口菜单)用光标激活来完成的。编辑命令主要有增加数据、删除数据和修改数据三类。编辑的对象是点元、线元、面元及目标，编辑工作的完成主要利用GIS的图形编辑功能来完成。

地理信息系统的图形编辑功能			
点编辑	线编辑	面编辑	目标编辑
删除 移动 拷贝 旋转 追加 水平对齐 垂直对齐	删除 移动 拷贝 追加 旋转 (改向) 剪断 光滑 求平行线	弧段加点 弧段删点 弧段移动 删除弧段 移动弧段 插入弧段 剪断弧段	删除目标 旋转目标 拷贝目标 移动目标 放大目标 缩小目标 开窗口

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.1 数据编辑

□ 属性数据编辑

属性数据校核包括两部分：

- 属性数据与空间数据**是否正确关联**，标识码是否唯一，不含空值。
- 属性数据**是否准确**，属性数据的值是否超过其取值范围等。

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.1 数据编辑

□ 属性数据错误检查

属性数据错误检查可通过以下方法完成：

- 首先可以利用**逻辑检查**，检查属性数据的值是否超过其取值范围，属性数据之间或属性数据与地理实体之间是否有荒谬的组合
- 把属性数据打印出来进行**人工校对**，这和用校核图来检查空间数据准确性相似

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.2 拓扑关系

□ 点线拓扑关系的建立

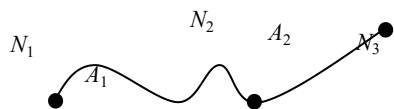
点线拓扑关系的建立方法有**两种方案**：一种是在图形采集和编辑中实时建立，此时有两个文件表，一个记录结点所关联的弧段，一个记录弧段两端点的结点。

第二种方案是在图形采集与编辑之后，系统自动建立拓扑关系。其基本思想与前面类似，在执行过程中逐渐建立弧段与起终结点和结点关联的弧段表。

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.2 拓扑关系

□ 点线拓扑关系的建立

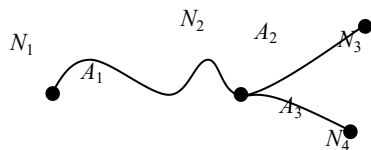


弧段-结点表

ID	起结点	终结点
A_1	N_1	N_2
A_2	N_2	N_3

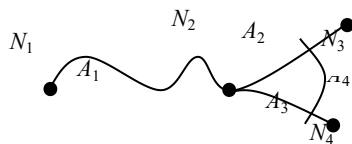
结点-弧段表

ID	关联弧段
N_1	A_1
N_2	A_1, A_2
N_3	A_2



ID	起结点	终结点
A_1	N_1	N_2
A_2	N_2	N_3
A_3	N_2	N_4

ID	关联弧段
N_1	A_1
N_2	A_1, A_2, A_3
N_3	A_2
N_4	A_3



ID	起结点	终结点
A_1	N_1	N_2
A_2	N_2	N_3
A_3	N_2	N_4
A_4	N_3	N_4

ID	关联弧段
N_1	A_1
N_2	A_1, A_2, A_3
N_3	A_2, A_4
N_4	A_3, A_4

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.2 拓扑关系

□ 多边形拓扑关系的建立

多边形有**三种情况**：

独立多边形，它与其他多边形没有共同边界，如独立房屋，这种多边形可以在数字化过程中直接生成，因为它仅涉及一条封闭的弧段；

具有公共边界的简单多边形，在数据采集时，仅输入了边界弧段数据，然后用一种算法自动将多边形的边界聚合起来，建立多边形文件；

第三种是**嵌套的多边形**，除了要按第二种方法自动建立多边形外，还要考虑多边形内的多边形（也称作内岛）。

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.2 拓扑关系

□ 多边形拓扑关系的建立

以第二种情况为例，讨论多边形自动生成的步骤和方法：

- 结点匹配。以任一弧段的端点为圆心，以给定容差为半径，产生一个搜索圆，搜索落入该搜索圆内的其他弧段的端点，若有，则取这些端点坐标的平均值作为结点位置，并代替原来各弧段的端点坐标。

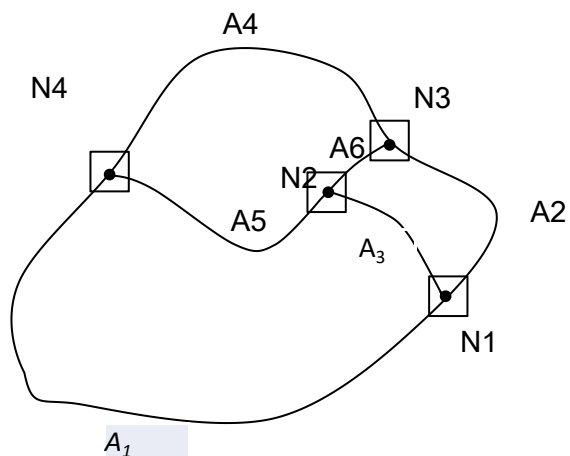
6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.2 拓扑关系

□ 多边形拓扑关系的建立

以第二种情况为例，讨论多边形自动生成的步骤和方法：

- 建立结点—弧段拓扑关系。在结点匹配的基础上，对产生的结点进行编号，并产生两个文件表，一个记录结点所关联的弧段，另一个记录弧段两端的结点。



ID	关联弧段
N_1	A_2, A_3, A_1
N_2	A_6, A_5, A_3
N_3	A_4, A_6, A_2
N_4	A_4, A_1, A_5

ID	起结点	终结点
A_1	N_1	N_4
A_2	N_1	N_3
A_3	N_1	N_2
A_4	N_4	N_3
A_5	N_4	N_2
A_6	N_2	N_3

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.2 拓扑关系

□ 多边形拓扑关系的建立

以第二种情况为例，讨论多边形自动生成的步骤和方法：

- 多边形的自动生成，实际上是指建立多边形与弧段的关系，并将弧段关联的左右多边形填入弧段文件中。建立多边形拓扑关系时，必须**考虑弧段的方向性**，即弧段沿起结点出发，到终结点结束，沿该弧段前进方向，将其关联的两个多边形定义为左多边形和右多边形。

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.2 拓扑关系

□ 多边形拓扑关系的建立

建立多边形拓扑关系的算法：

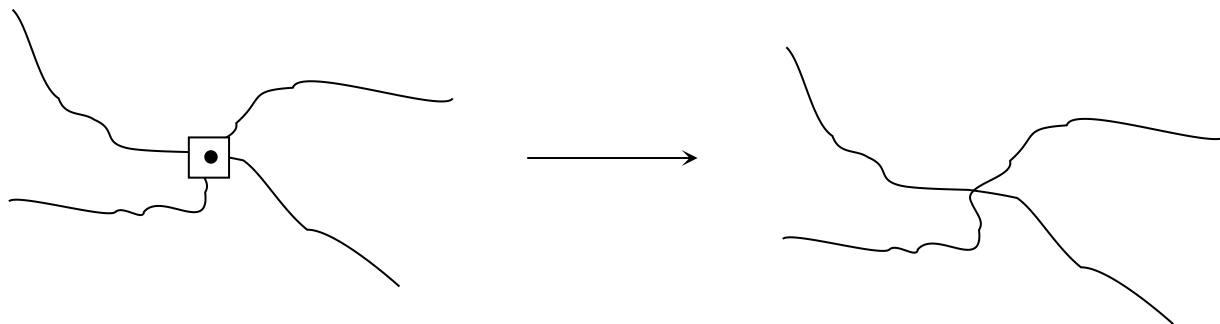
- 假如从A4开始，其起结点为N4，终结点为N3，在结点N3上，连接的弧段分别为A4、A6、A2，则后续弧段为A6。
- 沿A6向前追踪，其下一结点为N2，N2连接的弧段为A6、A5、A3，后续弧段为A5，A5的下一结点为N4。
- 回到弧段追踪的起点，形成一个弧段号顺时针排列的闭合的多边形，该多边形—弧段的拓扑关系表建立完毕。在多边形建立过程中，将形成的多边形号逐步填入弧段—多边形关系表的左、右多边形内。

6.3 数据编辑与拓扑关系

6.3.2 拓扑关系

□ 网络拓扑关系的建立

网络拓扑关系的建立主要是确定结点与弧段之间的拓扑关系，这一工作可以由GIS软件自动完成，其方法与建立多边形拓扑关系时相似，只是不需要建立多边形。但在一些特殊情况下，两条相互交叉的弧段在交点处不一定需要结点，如道路交通中的立交桥，在平面上相交，但实际上不连通，这时需要手工修改，将在交叉处连通的节点删除。



删除不需要的节点

6.4 数学基础变换

6.4.1 几何纠正

由于如下原因，使扫描得到的地形图数据和遥感数据存在变形，必须加以纠正。

- 地形图的实际尺寸发生变形
- 在扫描过程中，工作人员的操作会产生一定的误差，如扫描时地形图或遥感影像没被压紧、产生斜置或扫描参数的设置不恰当等
- 遥感影像本身就存在着几何变形
- 地图图幅的投影与其它资料的投影不同，或需将遥感影像的中心投影或多中心投影转换为正射投影等
- 扫描时受扫描仪幅面大小的影响，有时需将一幅地形图或遥感影像分成几块扫描


6.3 数学基础变换

6.4.1 几何纠正

□ 地形图纠正

对地形图的纠正，一般采用四点纠正法或逐网格纠正法。

- ◆ 四点纠正法：一般是根据选定的数学变换函数，输入需纠正地形图的图幅行、列号、地形图的比例尺、图幅名称等，生成标准图廓，分别采集四个图廓控制点坐标来完成
- ◆ 逐网格纠正法：是在四点纠正法不能满足精度要求的情况下采用的。这种方法和四点纠正法的不同点就在于采样点数目的不同，它是逐方里网进行的，也就是说，对每一个方里网，都要采点

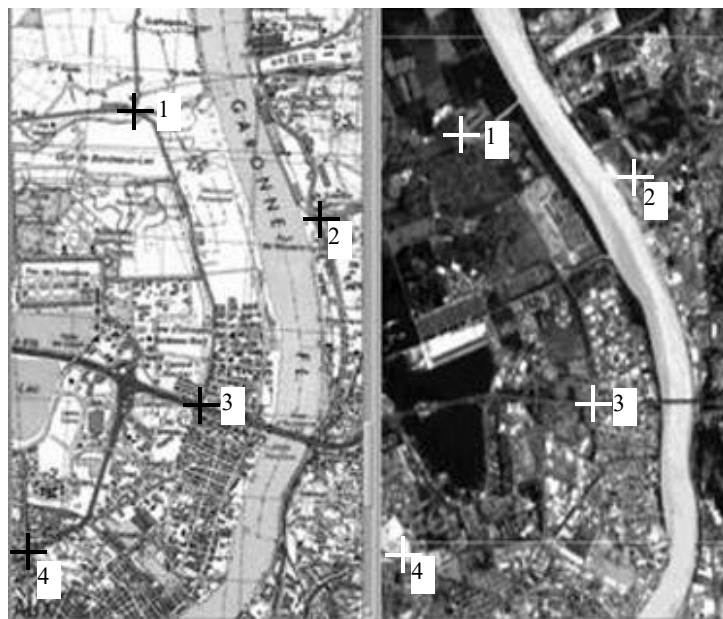
- 
- 6.1 概述
 - 6.2 数据采集
 - 6.3 数据编辑与拓扑关系
 - 6.4 数学基础变换**
 - 6.5 数据重构
 - 6.6 图形拼接
 - 6.7 数据压缩
 - 6.8 空间数据质量评价与控制
 - 6.9 数据入库

6.4 数学基础变换

6.4.1 几何纠正

□ 遥感影像纠正

遥感影像的纠正，一般选用和遥感影像比例尺相近的地形图或正射影像图作为变换标准，选用合适的变换函数，分别在要纠正的遥感影像和标准地形图或正射影像图上采集同名地物点。



遥感影像纠正选点示例

6.4 数学基础变换

6.4.2 坐标变换

坐标变换的实质是建立两个空间参考系之间点的一一对应关系。

空间数据坐标变换方法

- 投影变换
- 仿射变换
- 相似变换
- 橡皮拉伸

6.4 数学基础变换

6.4.2 坐标变换

□ 投影变换

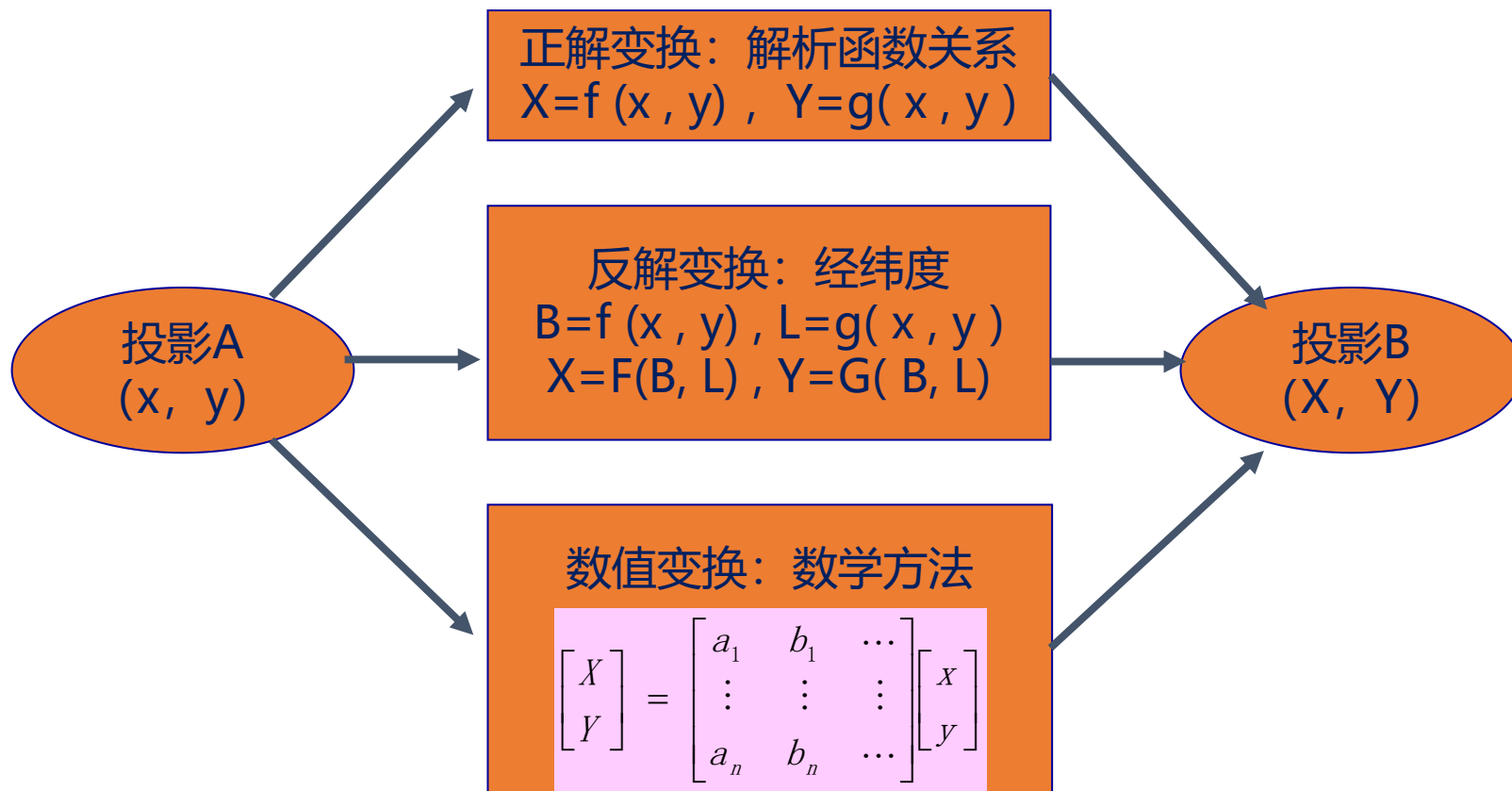
投影变换必须已知变换前后的两个空间参考的投影参数，然后利用投影公式的正解和反解算法，推算变化前后两个空间参考系之间点的一一对应函数关系。

- 投影变换是坐标变换中精度最高的变换方法
- 栅格单元尺寸大小/分辨率
- 栅格原点
- 栅格的倾角

6.4 数学基础变换

6.4.2 坐标变换

□ 投影变换



地图投影变换

6.4 数学基础变换

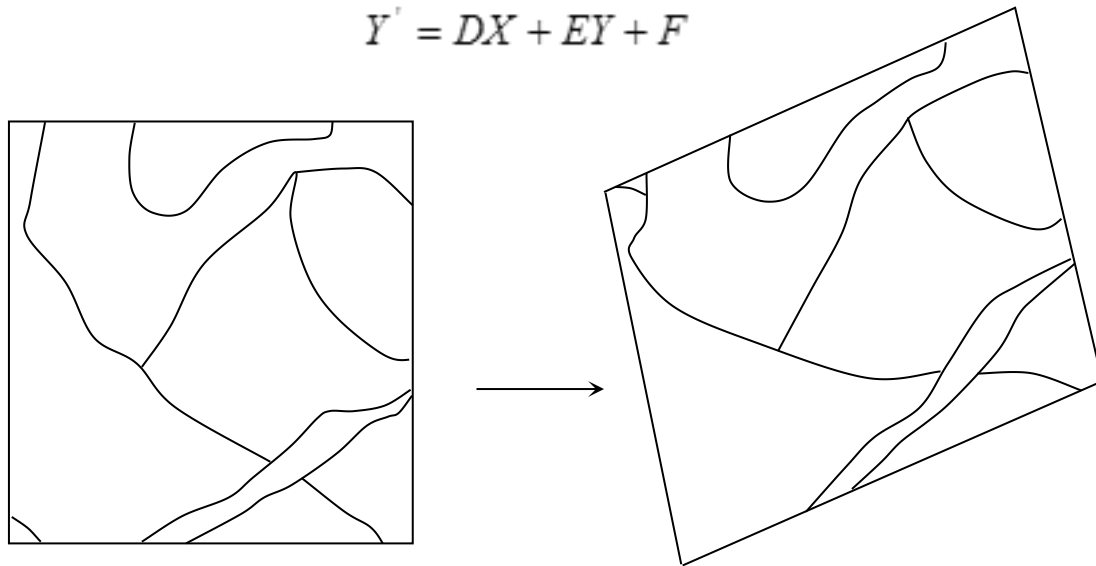
6.4.2 坐标变换

□ 仿射变换

仿射变换是在不同的方向上进行不同的压缩和扩张，可以将球变为椭圆，将正方形变为平行四边形，如下图所示。其公式为：

$$X' = AX + BY + C$$

$$Y' = DX + EY + F$$



仿射变换

6.4 数学基础变换

6.4.2 坐标变换

□ 相似变换

相似变换是由一个图形变换为另一个图形,在改变的过程中保持形状不变(大小可以改变)。在二维坐标变换过程中,常见的三种基本相似变换有:

- ❖ 平移
- ❖ 旋转
- ❖ 缩放

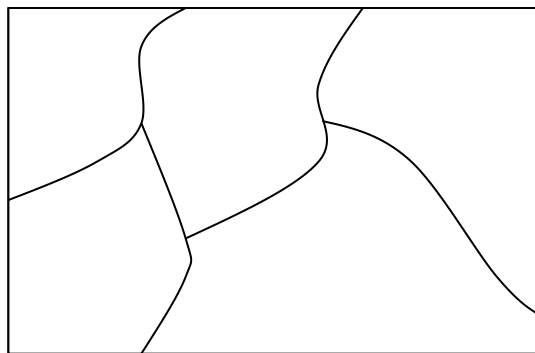
6.4 数学基础变换

6.4.2 坐标变换

□ 平移

平移是将图形的一部分或者整体移动到笛卡尔坐标系中另外的位置，如下图所示，公式为：

$$\begin{aligned}X' &= X + Tx \\Y' &= Y + Yx\end{aligned}$$



平移

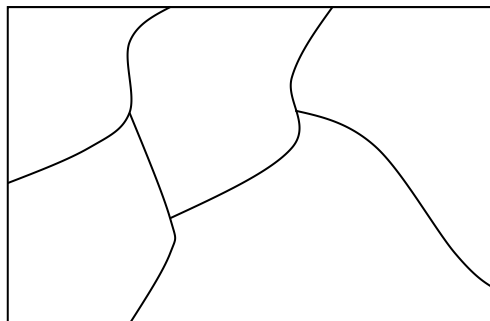
6.4 数学基础变换

6.4.2 坐标变换

□ 旋转

实现旋转操作要用到三角函数，假定顺时针旋转角度为 θ ，其公式为：

$$\begin{aligned} X' &= X\cos\theta + Y\sin\theta \\ Y' &= -X\sin\theta + Y\cos\theta \end{aligned}$$



旋转

6.4 数学基础变换

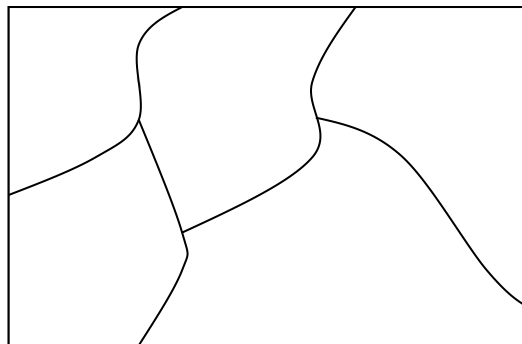
6.4.2 坐标变换

□ 缩放

缩放操作可用于输出大小不同的图形，如图，其公式为：

$$X' = XS_x$$

$$Y' = YS_y$$



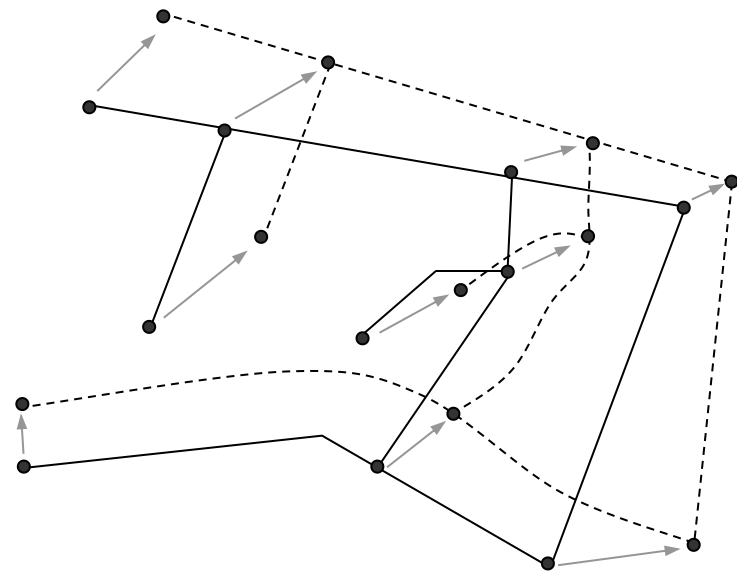
图形缩放

6.4 数学基础变换

6.4.2 坐标变换

□ 橡皮拉伸

- 橡皮拉伸通过坐标几何纠正来修正缺陷。主要针对几何变形，通常发生在原图上。它们可能由于在地图编绘中的配准缺陷、缺乏大地控制或其它各种原因产生。
- 如图所示，原图层（实心线）被纠正成更精确的目标（虚线）。类似于变换，位移关联点在橡皮伸缩中被用于确定要素移动的位置。

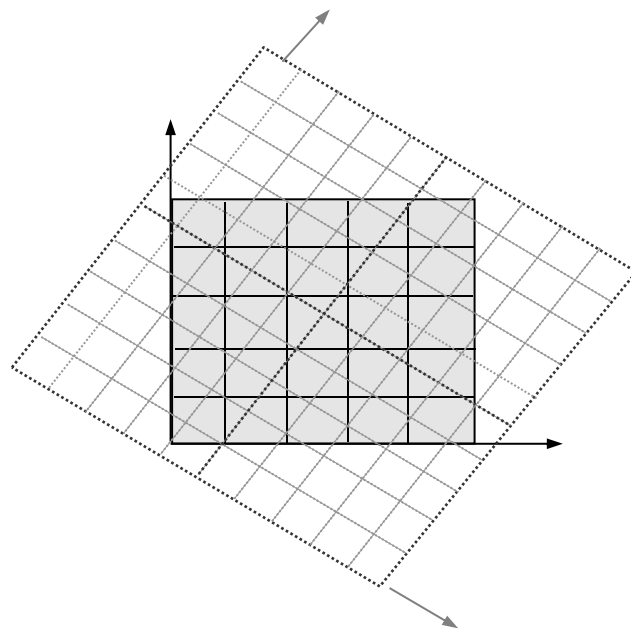
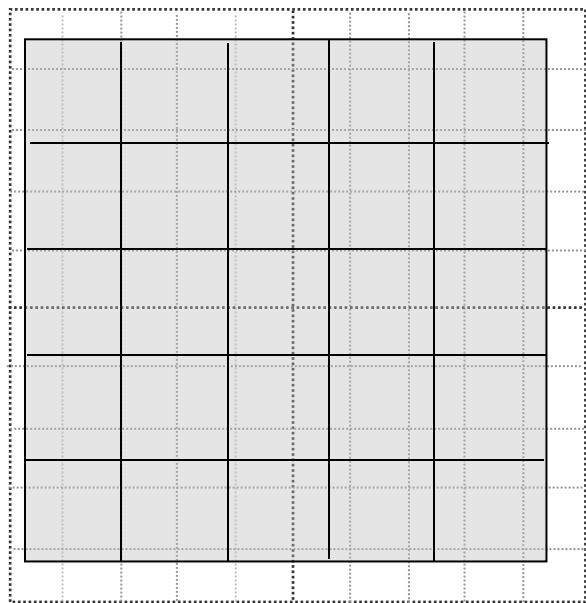


橡皮拉伸示意图

6.4 数学基础变换

6.4.3 栅格数据重采样

重采样是栅格数据空间分析中处理栅格分辨率匹配问题的常用数据处理方法。进行空间分析时，用来分析的数据资料由于来源不同，经常要对栅格数据进行何纠正、旋转、投影变换等处理，在这些处理过程中都会产生重采样问题（如图）。因此重采样在栅格数据的处理中占有重要地位。



----- 原始栅格数据
——— 采样栅格数据

栅格数据重采样

6.4 数学基础变换

6.4.3 栅格数据重采样

□ 最邻近像元法:

直接取与 $P(x, y)$ 点位置最近像元 N 的值作为该点的采样值, 即:

$$I(P) = I(N)$$

N 为最近点, 其坐标值为:

$$x_N = \text{INT}(x + 0.5)$$

$$y_N = \text{INT}(y + 0.5)$$

INT表示取整

6.4 数学基础变换

6.4.3 栅格数据重采样

□ 双线性插值法

根据最邻近的4个像元点N为最近点，其坐标值为：

$$Z=(1 \ x) \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} \\ a_{10} & a_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ y \end{bmatrix}$$

当四个数据为正方形排列时，设边长为1，内插点相对于A点的坐标为dx、dy，则有：

$$Z_p = \left(1 - \frac{dx}{L}\right) \cdot \left(1 - \frac{dy}{L}\right) \cdot Z_A + \left(1 - \frac{dy}{L}\right) \cdot \frac{dx}{L} \cdot Z_B + \frac{dx}{L} \cdot \frac{dy}{L} \cdot Z_C + \left(1 - \frac{dx}{L}\right) \cdot \frac{dy}{L} \cdot Z_D$$

6.4 数学基础变换

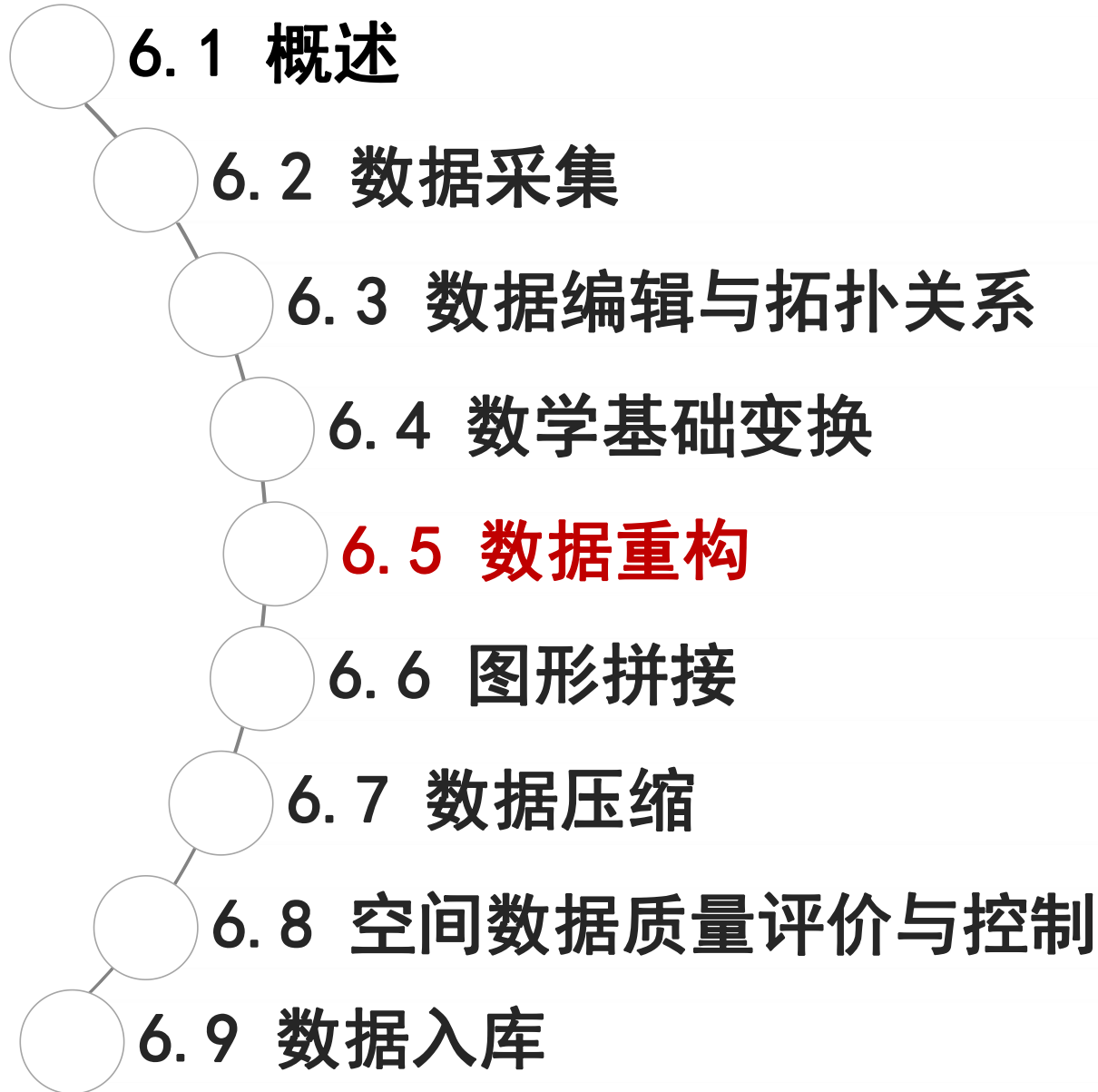
6.4.3 栅格数据重采样

□ 双三次卷积法

当推广到双三次多项式时，采用分块方式，每一分块可以定义出一个不同的多项式曲面，当n次多项式与其相邻分块的边界上所有n-1次导数都连续时，称之为样条函数。

在数据点为方格网的情况下，采用三次曲面来描述格网内的内插值时，待定点内插值 Z_p 为：

$$Z_p = (1 \quad x \quad x^2 \quad x^3) \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} & a_{02} & a_{03} \\ a_{10} & a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{20} & a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{30} & a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ y \\ y^2 \\ y^3 \end{bmatrix}$$

- 
- 6.1 概述
 - 6.2 数据采集
 - 6.3 数据编辑与拓扑关系
 - 6.4 数学基础变换
 - **6.5 数据重构**
 - 6.6 图形拼接
 - 6.7 数据压缩
 - 6.8 空间数据质量评价与控制
 - 6.9 数据入库

6.5 数据重构

□ 数据重构的内涵

数据重构主要包括数据结构的转换和数据格式转换。通用的空间数据结构有栅格和矢量两种，在地理信息系统中，它们之间的相互转换是经常性的。

GIS在其发展过程中，出现了很多研究机构和企业，它们所使用的数据格式往往不尽相同。为了实现相互之间的数据和资源共享，需要对数据格式进行转换。

6.5 数据重构

6.5.1 数据结构转换

□ 数据结构转换内容

数据结构转换包括两部分：

- 矢量数据向栅格数据的转换
- 栅格数据向矢量数据的转换

6.5 数据重构

6.5.1 数据结构转换

□ 矢量数据栅格化

矢量数据的基本坐标是直角坐标 X 、 Y ，其坐标原点一般取图的左下角。栅格数据的基本坐标是行和列 (i, j) ，其坐标原点一般取图的西南角。两种数据变换时，令直角坐标 X 和 Y 分别与行与列平行，按确定的栅格大小采样。

首先需要完成多边形边界线段的栅格化；然后，用面域属性值充填。

矢量的面域向栅格转换又称为多边形填充。常用的多边形填充算法有**内部点扩散法**、**射线法**、**扫描线法**。

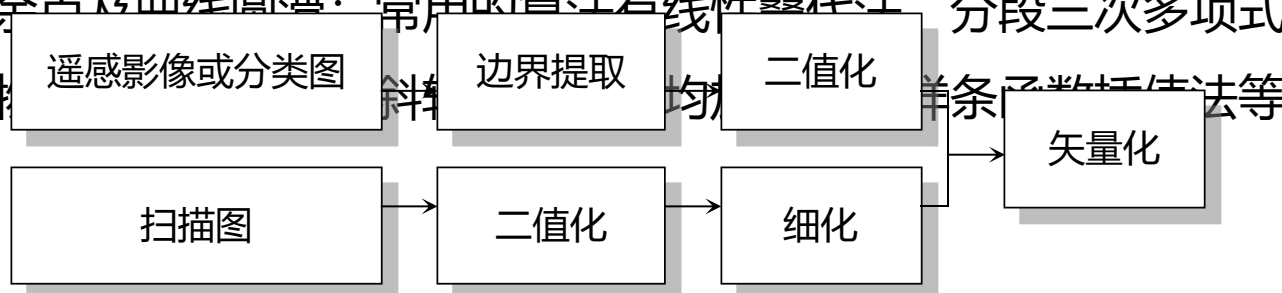
6.5 数据重构

6.5.1 数据结构转换

□ 栅格数据矢量化

- 从图幅西北角开始，按顺时针或逆时针方向，从起始点开始，根据八个邻域进行搜索，依次跟踪相邻点，找出线段经过的栅格
- 将栅格 (i, j) 坐标变成直角坐标 (X, Y)
- 生成拓扑关系，对于矢量表示的边界弧段，判断其与原图上各多边形的空间关系，形成完整的拓扑结构，并建立与属性数据的联系

- 去除多余点及曲线圆滑。常用的方法有线性叠代法、分段三次多项式插值法、正轴抛物线法、样条函数法等

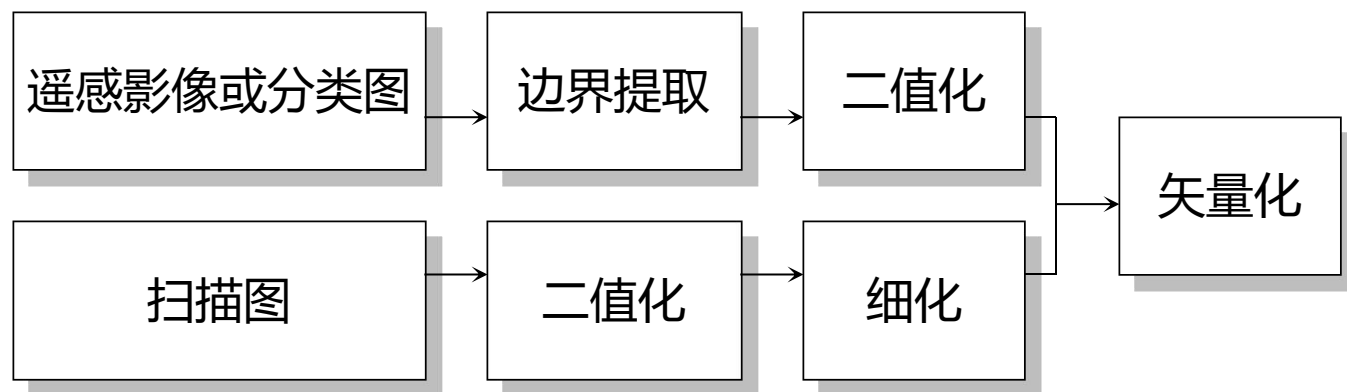


栅格转矢量流程

6.5 数据重构

6.5.1 数据结构转换

□ 栅格数据矢量化



栅格转矢量流程

6.5 数据重构

6.5.1 数据结构转换

□ 数据结构转换内容

数据结构转换包括两部分：

- 矢量数据向栅格数据的转换
- 栅格数据向矢量数据的转换

6.5 数据重构

6.5.2 数据格式转换

□ 数据交换模式

数据交换的模式大致有四种：

- 外部数据交换模式
- 直接数据访问模式
- 数据互操作模式
- 空间数据共享平台模式

6.5 数据重构

6.5.2 数据格式转换

□ 数据交换模式

- 已运行的各种GIS系统，存在着许多空间数据，是空间数据的重要来源
- 不同软件平台对矢量数据的数据结构及数据格式不同，
 - 如ARCGIS的Geodatabase、Mapinfo的MIF，Microstation的DGN格式
- 不同的数据格式导致某一系统不能直接操作另一系统的数据
- 可行的途径是空间数据的相互转换或互操作

6.5 数据重构

6.5.2 数据格式转换

□ 数据交换模式

数据格式的相互转换是目前可行的方法，数据转换可分为三类：

- ⑩ 分层和编码原则都不同的数据转换
- ⑩ 分层不同，编码原则相同的数据转换
- ⑩ 分层不同，编码方案完全一致的数据转换

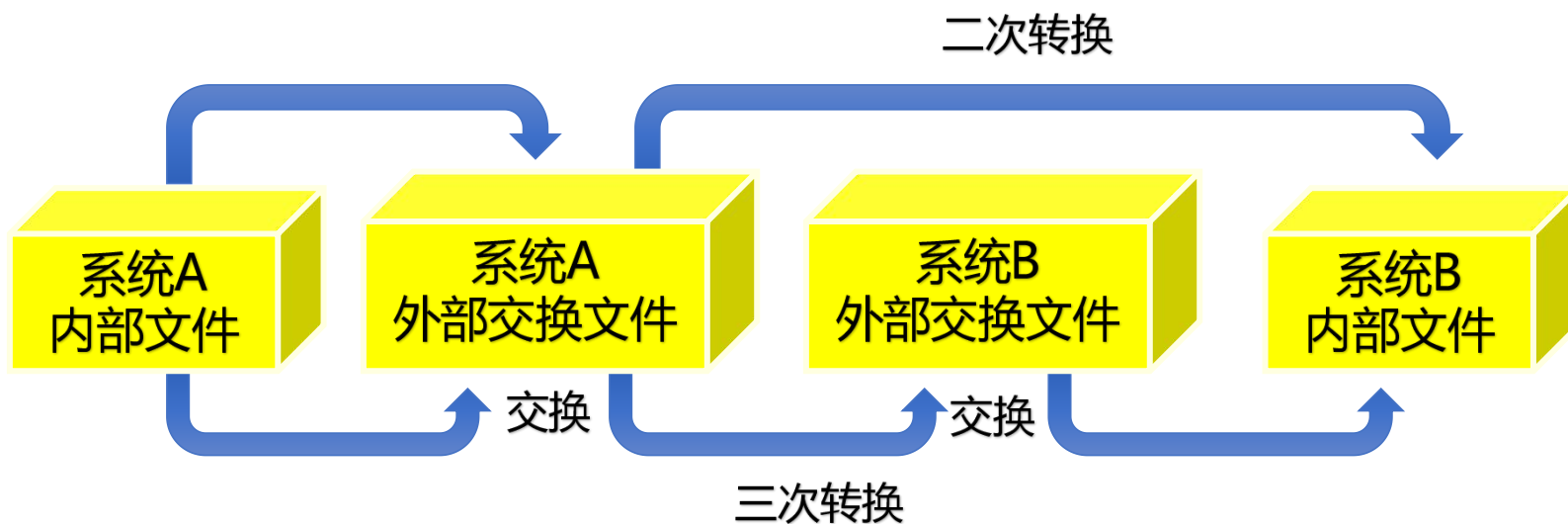
空间数据格式转换的途径有：

- ⑩ 外部文件交换方式
- ⑩ 标准空间数据交换方式
- ⑩ 空间数据互操作方式
- ⑩ 基于语义数据转换方式

6.5 数据重构

6.5.2 数据格式转换

□ 外部文件交换方式



外部文件格式: E00, MID, DXF, ASCII Loader等

6.5 数据重构

6.5.2 数据格式转换

□ 标准空间数据交换方式



- 美国 **STDI**

- 中国 **CNSDTF**，包括：

- 矢量数据交换格式

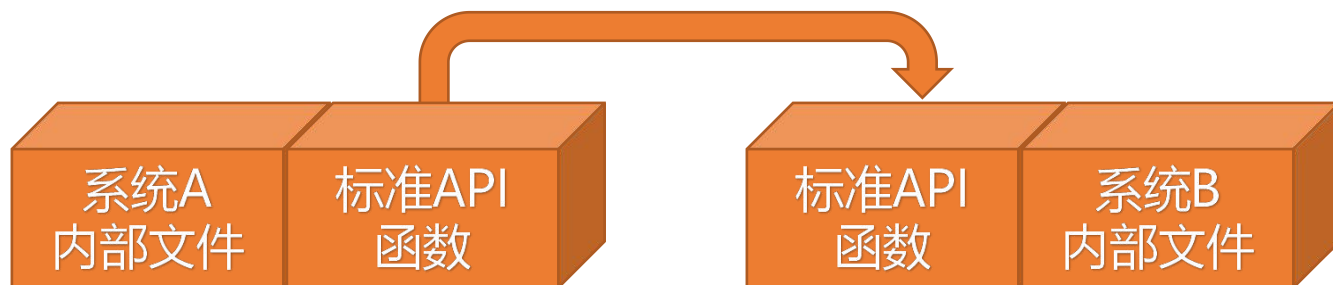
- 栅格数据交换格式

- 数字高程模型交换格式标准

6.5 数据重构

6.5.2 数据格式转换

□ 空间数据互操作方式



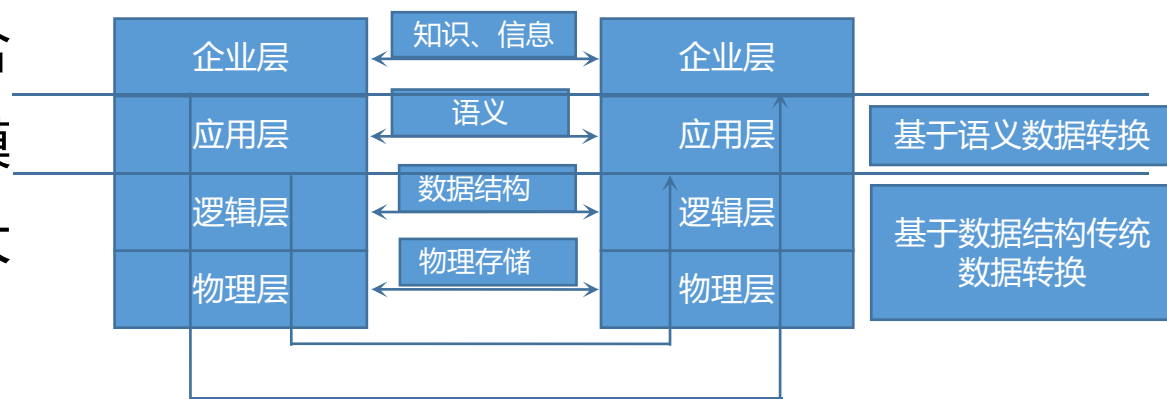
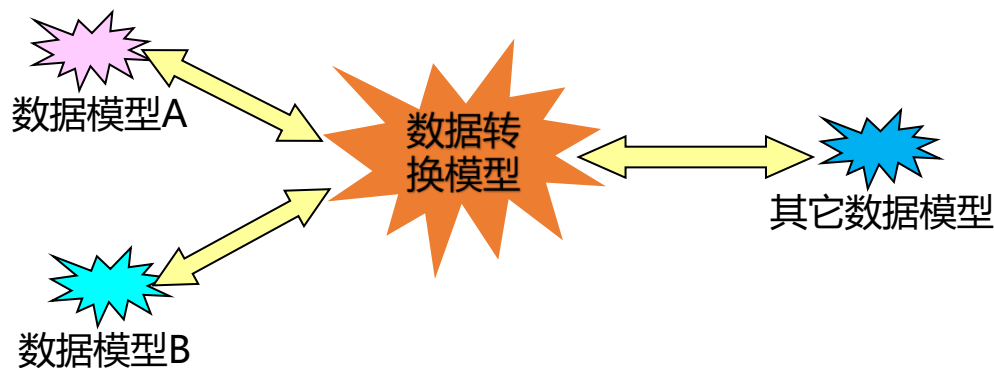
Open GIS的思想是将空间数据的转换变成一次转换或者不进行转换，实现不同GIS软件系统之间空间数据的互操作。

6.5 数据重构

6.5.2 数据格式转换

□ 基于语义数据转换方式

基于语义层次上的空间数据转换，除了数据结构的转换外，更重要的是对语义数据模型的转换和操作，更注重数据所蕴含的知识背景。语义转换模型与传统数据转换有很大的不同。



语义层次转换示意图

6.5 数据重构

6.5.2 数据格式转换

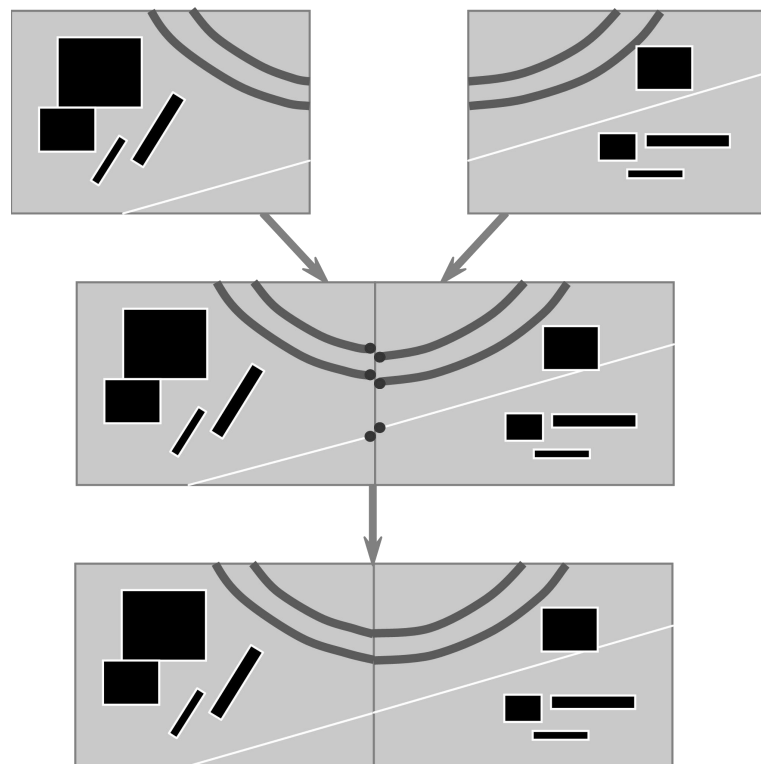
□ 基于组件思想的数据转换方式

一种可伸缩的、开放的数据转换模型。这样，以此模型为支持的转换共享功能也就具有了很强的伸缩性，可以根据不同的数据转换共享的需要对数据转换模型进行丰富，进而便于在异构空间数据转换共享平台构建时进行功能的配置和扩充。

- 6.1 概述
- 6.2 数据采集
- 6.3 数据编辑与拓扑关系
- 6.4 数学基础变换
- 6.5 数据重构
- **6.6 图形拼接**
- 6.7 数据压缩
- 6.8 空间数据质量评价与控制
- 6.9 数据入库

6.6 图幅拼接

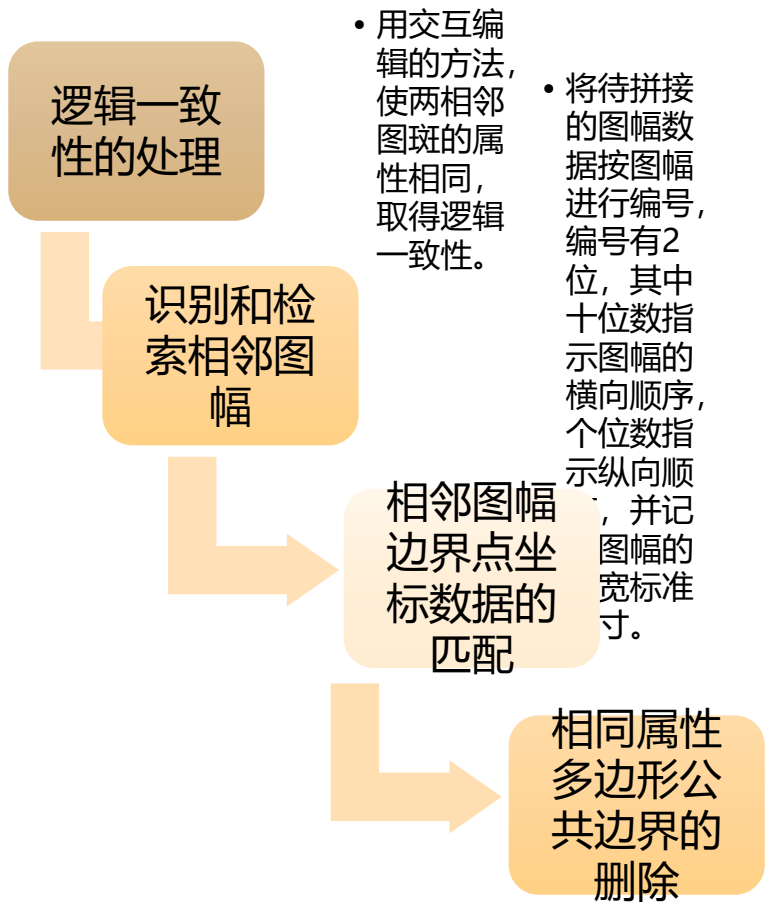
在相邻图幅的**边缘部分**，由于原图本身的数字化误差，使得同一实体的线段或弧段的**坐标数据不能相互衔接**，或是由于**坐标系统、编码方式等不统一**，需进行图幅数据边缘匹配处理。



图幅拼接

6.6 图幅拼接

□ 图幅数据边缘匹配步骤



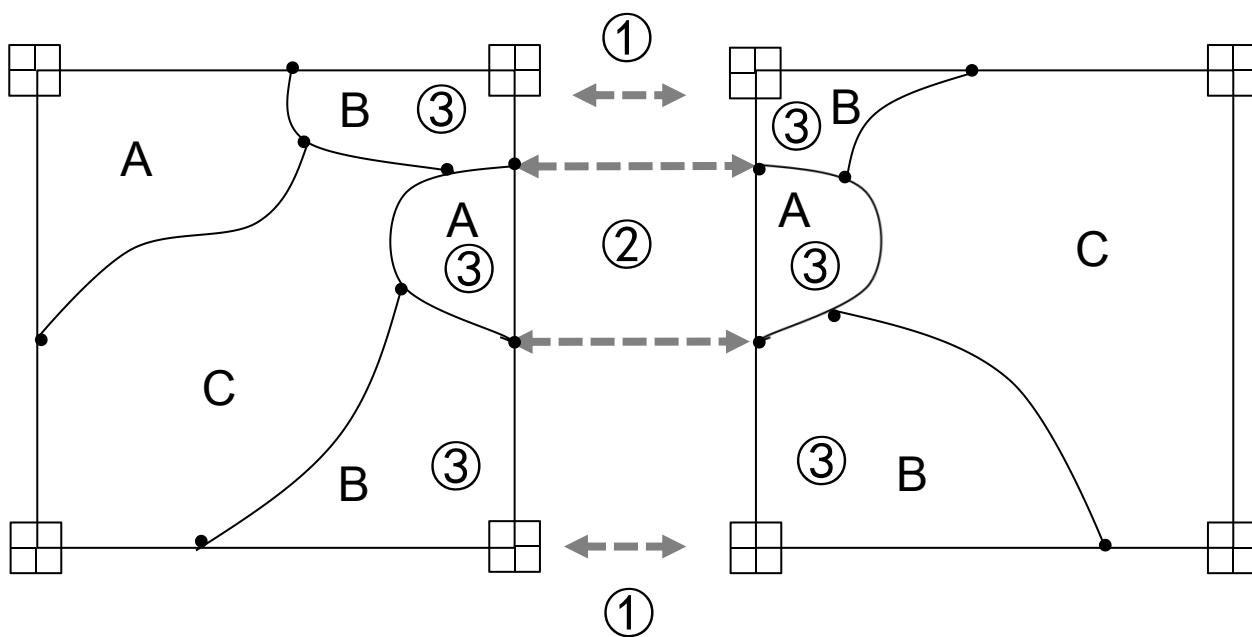
- 用交互编辑的方法,使两相邻图斑的属性相同,取得逻辑一致性。

- 将待拼接的图幅数据按图幅进行编号,编号有2位,其中十位数指示图幅的横向顺序,个位数指示纵向顺序,并记图幅的宽标准寸。

- 将相同属性的两个或多个相邻图斑组合成一个图斑,即消除公共边界,并对共同属性进行合并。

6.6 图幅拼接

□ 裂缝类型

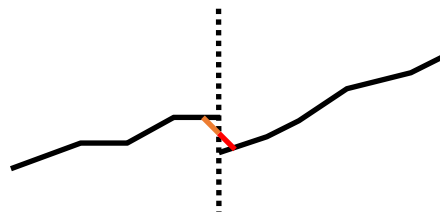
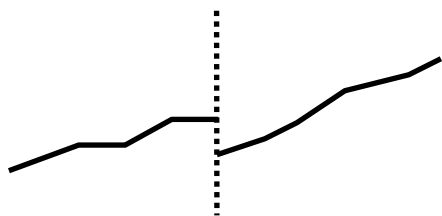
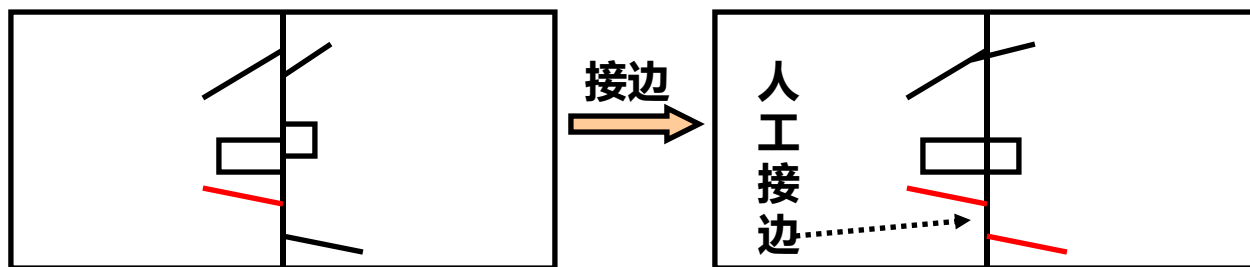


几何裂缝：指由数据文件边界分开的一个地物的两部分不能精确地衔接。--几何接边

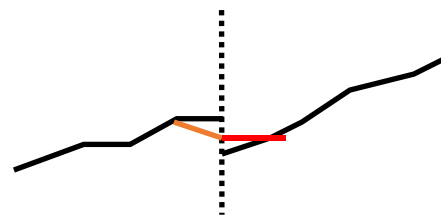
逻辑裂缝：同一地物地物编码不同或具有不同的属性信息，如公路的宽度，等高线高程等。---逻辑接边

6.6 图幅拼接

□ 几何接边



直接移动，突变



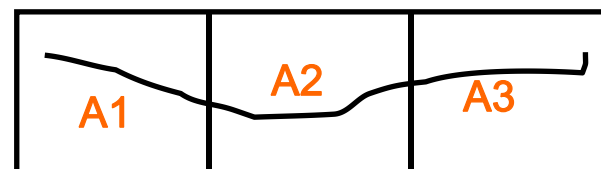
回缩2-3个点，减少突变

6.6 图幅拼接

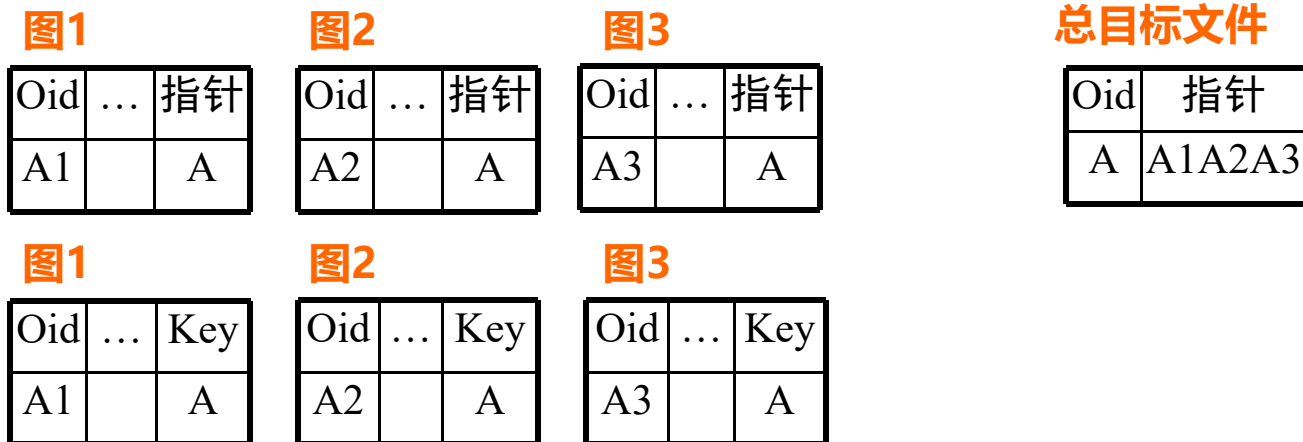
逻辑接边

- 检查同一地物在相邻图幅的地物编码和属性值是否一致，不一致，进行人工编辑。
- 将同一地物在相邻图幅的空间数据在逻辑上连在一起。

- 索引文件，建立双向指针。
- 关键字，空间操作的方法。



逻辑接边



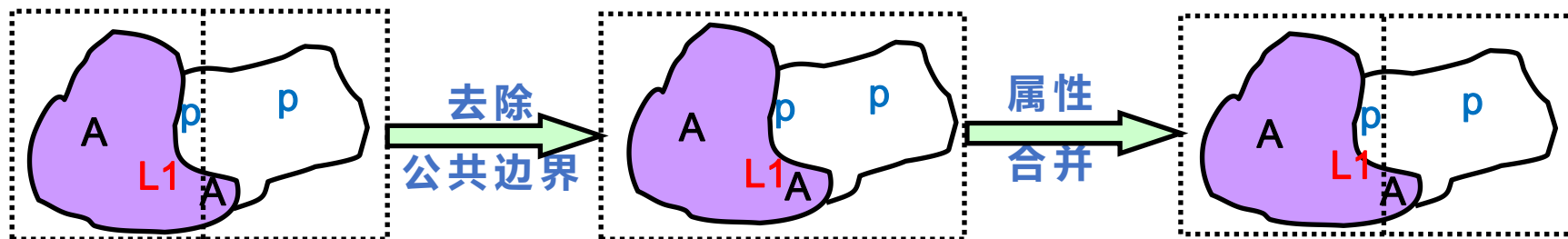
6.6 图幅拼接

识别或提取相邻图幅 --要求图幅编号合理



31	32	33
21	22	23
11	12	13

相同属性多边形公共边界的删除



-
- 6.1 概述
 - 6.2 数据采集
 - 6.3 数据编辑与拓扑关系
 - 6.4 数学基础变换
 - 6.5 数据重构
 - 6.6 图形拼接
 - 6.7 数据压缩**
 - 6.8 空间数据质量评价与控制
 - 6.9 数据入库

6.7 数据压缩

□ 数据压缩内涵

数据压缩是指从取得的数据集合中抽取一个子集，这个子集作为一个新的信息源，在规定的精度范围内最好地逼近原集合，而又取得尽可能大的压缩比。

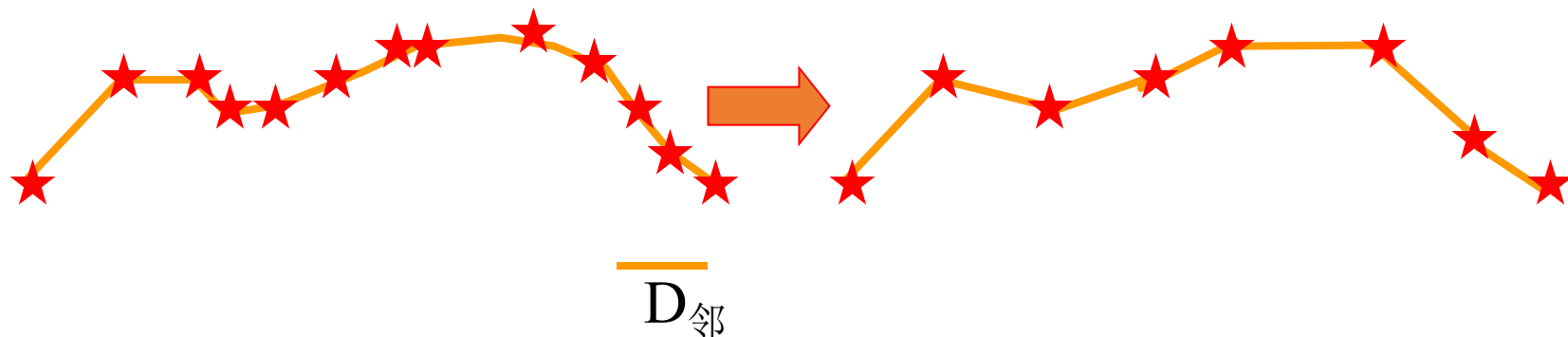
- 栅格数据压缩技术有游程编码、四叉树法等。
- 矢量数据简化实际上是对原矢量坐标串中的多个矢量点根据曲线形态，减少数据点，包括：
 - 线实体简化；
 - 双线中心线生成；
 - 多边形消融；
 - 多边形轮廓聚合

6.7 数据压缩

线实体简化

□ 间隔取点法

比较相邻两特征点的距离与阈值的大小，确定是否保留或舍弃。

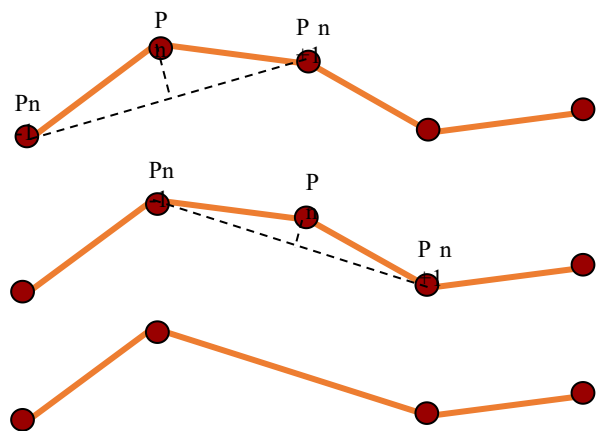


6.7 数据压缩

线实体简化

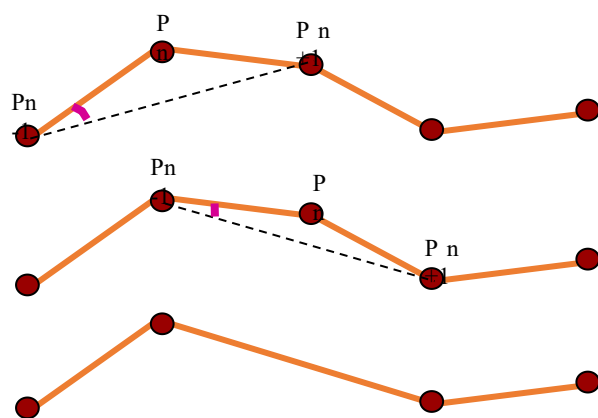
□ 垂距和偏角法

利用曲线上顺序的3点 P_{n-1} , P_n , P_{n+1} , 将 P_{n-1} 与 P_{n+1} 相连, 计算 P_n 到 P_{n+1} 的垂直距离 (垂距法) 或 $P_{n-1}P_n$ 与 P_nP_{n+1} 直线的夹角 (偏角), 并规定限差, 决定点的取舍。



垂距法

$\overline{D}_{\text{限差}}$



偏角法

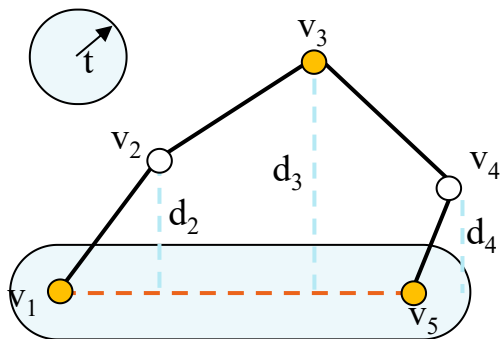
$\angle D_{\text{限差}}$

6.7 数据压缩

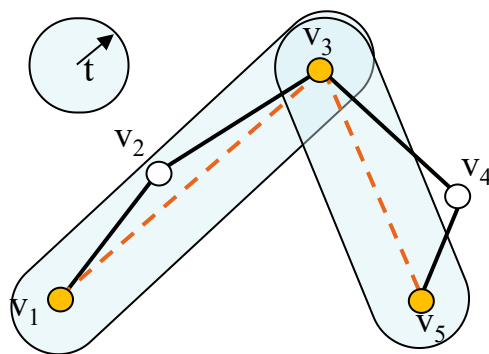
线实体简化

□ 分裂法 (Douglas Peucker算法)

- ① 把曲线首末两端点连成一条直线;
- ② 计算曲线上每一点与直线的垂直距离。若所有这些距离均小于限差, 则将直线两端点间的各点全部舍去。
- ③ 若上一步条件不满足, 则保留含有最大垂直距离的点, 将原曲线分成两段曲线, 再递归地重复使用分裂法。

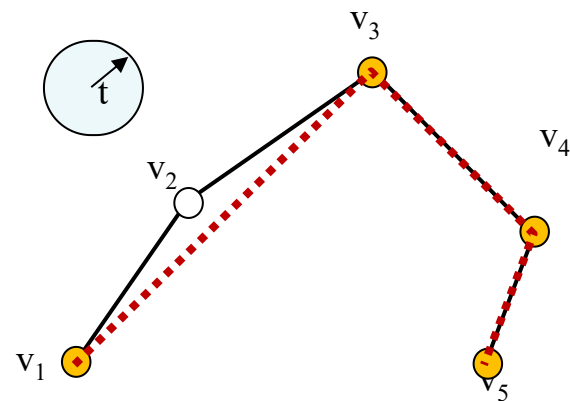


(a) d_2, d_3, d_4 都大于 t
保留 V_2, V_3, V_4

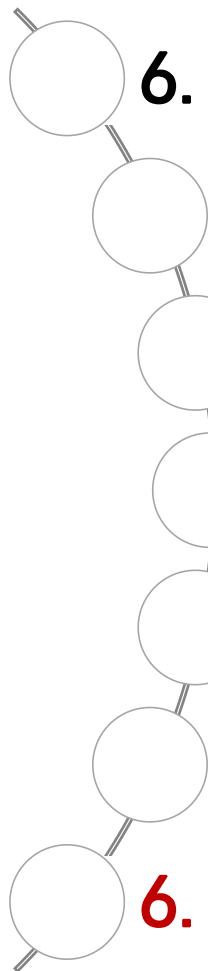


(b)

$d_2 < t$,
舍弃 V_2 , $d_4 > t$, 保留 V_4

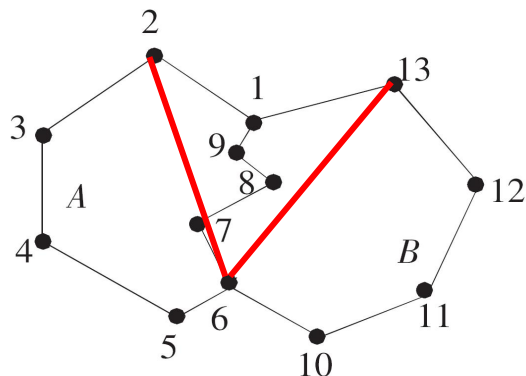


(c)

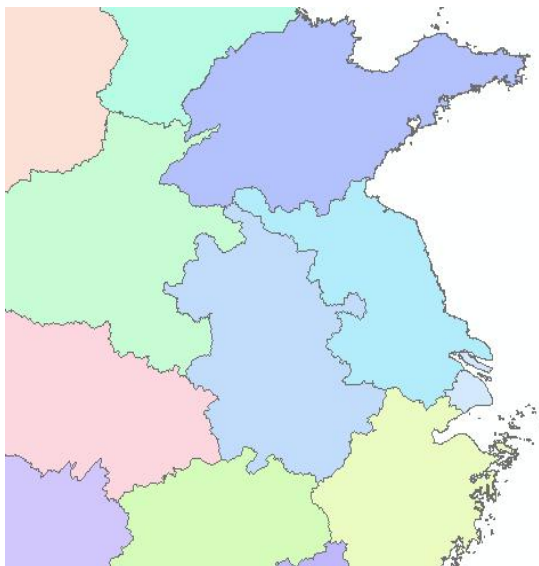
- 
- 6.1 概述
 - 6.2 数据采集
 - 6.3 数据编辑与拓扑关系
 - 6.4 数学基础变换
 - 6.5 数据重构
 - 6.6 图形拼接
 - 6.7 数据压缩**

6.7 数据压缩

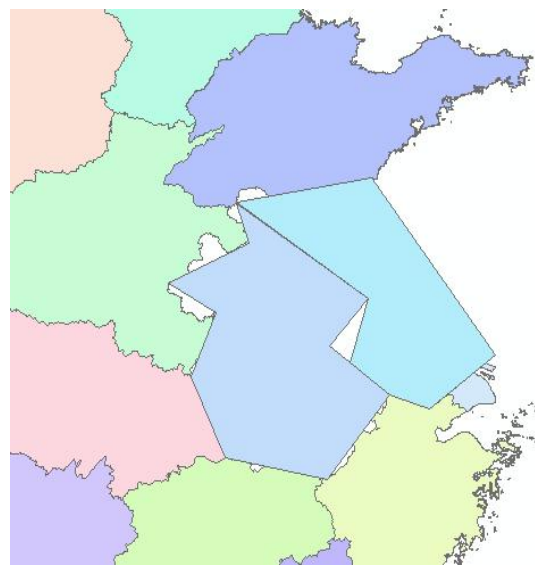
线实体简化



限差设置过大



线对象化简前



线对象化简后

- 6.1 概述
- 6.2 数据采集
- 6.3 数据编辑与拓扑关系
- 6.4 数学基础变换
- 6.5 数据重构
- 6.6 图形拼接
- 6.7 数据压缩
- 6.8 空间数据质量评价与控制**
- 6.9 数据入库

6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.1 空间数据质量的相关概念

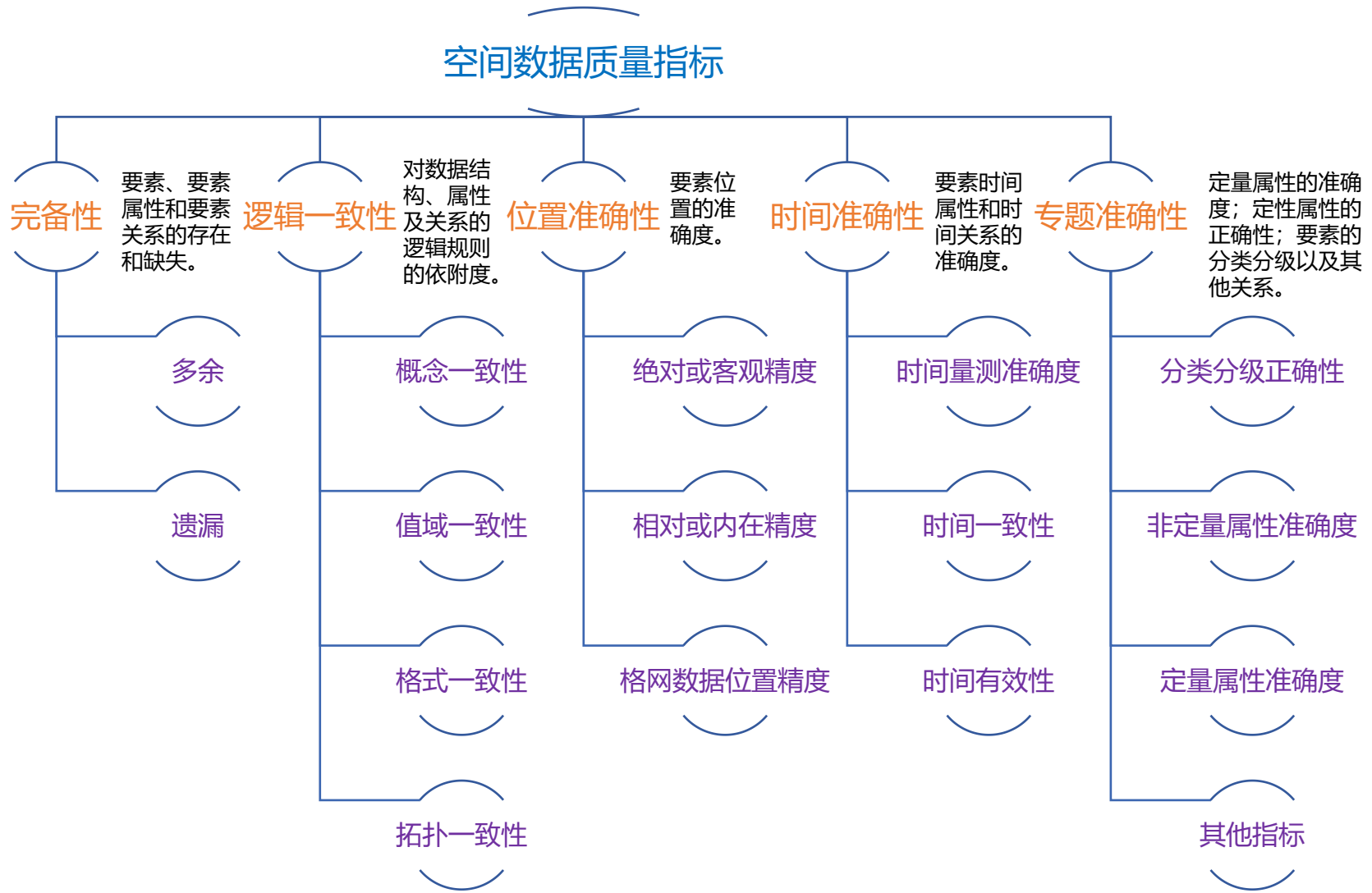
- 空间数据质量是指数据对特定用途的分析和操作的适用程度；
- 空间数据质量与空间分辨率或制图比例尺有关；

相关概念：

- **准确性(Accuracy)**：即一个记录值(测量或观察值)与它的真实值之间的接近程度；
- **数据的精密度 (Precision)**：对某一量的多次观测，各观测值的离散程度；
- **分辨率 (Resolution)**：两个可测量数值之间最小的可辨识的差异；
- **比例尺(Scale)**：地图上两个点间图面距离和它所表现的真实世界的距离之间的一个比值；
- **误差 (Error)**：表示数据与其真值之间的差异；
- **不确定性 (Uncertainty)**：关于空间事物、现象的特征和过程不能被准确地确定的程度；

6.8 空间数据质量评价与控制

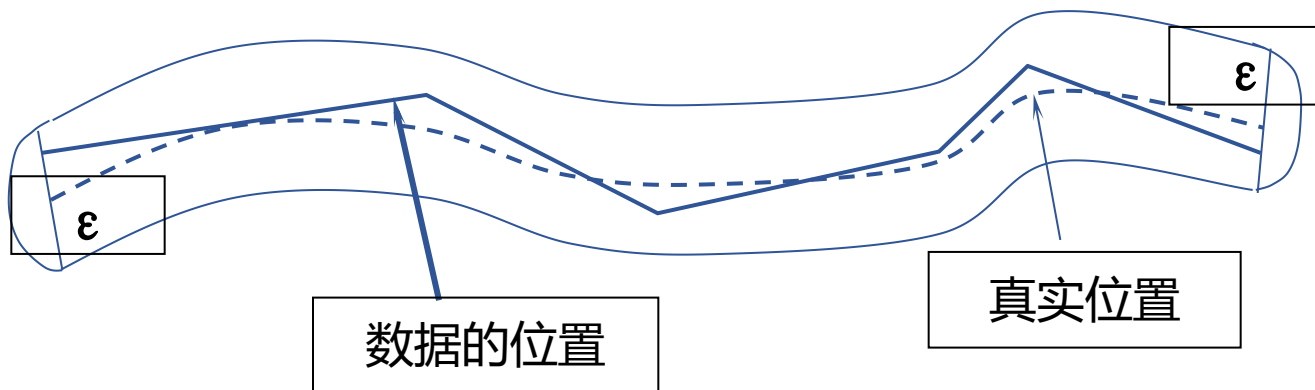
6.8.2 空间数据质量评价



6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.2 空间数据质量评价

□ 空间数据位置不确定性评价模型

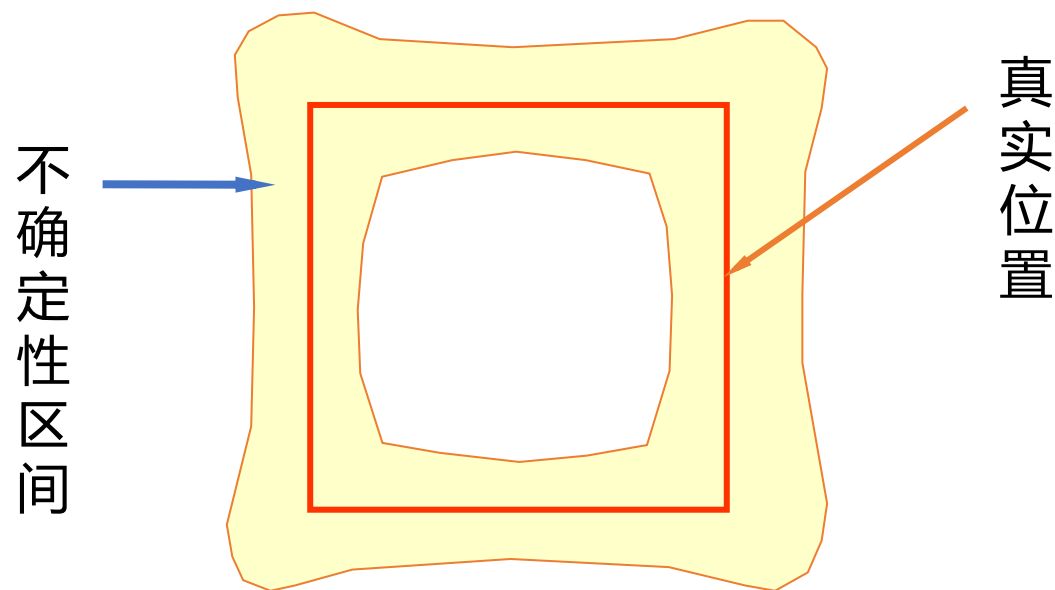


线状实体位置不确定性的 ϵ —带模型

6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.2 空间数据质量评价

□ 空间数据位置不确定性评价模型



面实体位置不确定性评价模型

6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.2 空间数据质量评价

□ 空间数据质量的指标体系

STDS (1992)	ICA (1996)	CEN/TC287 (1997)	ISO/TC211 (1997)
数据渊源	数据渊源	数据渊源 (潜在的) 用途	数据总揽 (数据渊源、数据目的、数据用途)
分辨率	分辨率		分辨率
几何精度	几何精度	几何精度	数据精度
属性精度	属性精度	属性精度	专题精度
完整性	完整性	完整性	完整性
逻辑一致性	逻辑一致性	逻辑一致性	逻辑一致性
	语义精度	元数据质量	
	时态精度	时态精度	时态精度
		数据同质性	
			数据测试和一致性

6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.2 空间数据质量评价

□ 评价方法

空间数据质量评价方法分直接评价和间接评价两种。

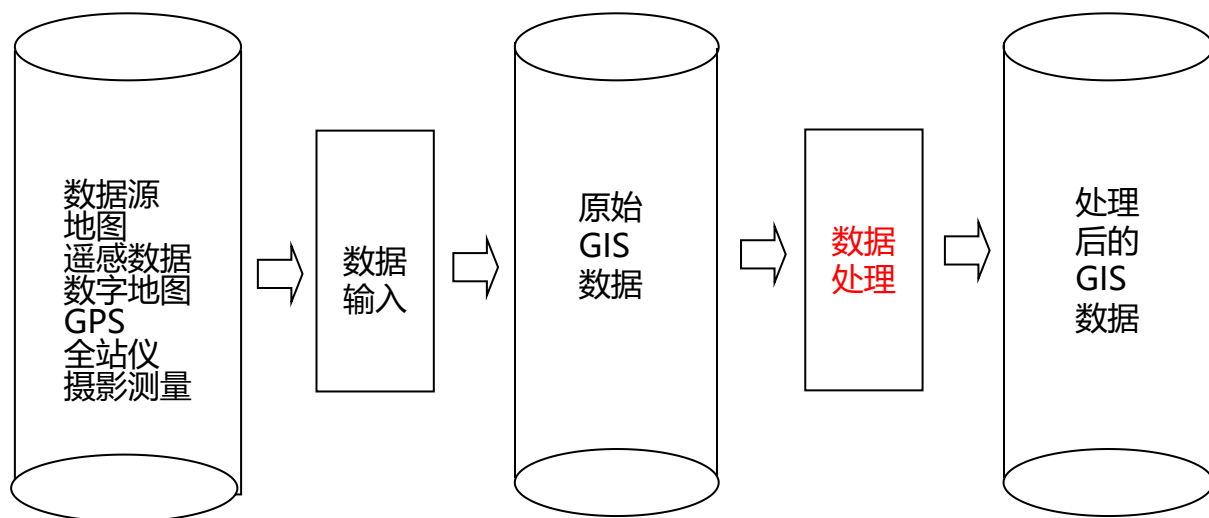
- 直接评价方法是对数据集通过全面检测或抽样检测方式进行评价的方法，又称验收度量。直接评价法又分为内部和外部两种。
- 间接评价方法是间接评价法是一种基于外部知识的数据集质量评价方法。对数据的来源和质量、生产方法等间接信息进行数据集质量评价的方法，又称预估度量。

这两种方法本质区别是面向的对象不同，直接评价方法面对的是生产出的数据集，而间接评价方法则面对的是一些间接信息，只能通过误差传播的原理，根据间接信息估算出最终成品数据集的质量。

6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.3 空间数据的误差源及误差传播

空间数据的误差包括随机误差、系统误差以及粗差。数据是通过对显示世界中的实体进行解译、量测、数据输入、空间数据处理以及数据表示而完成的。其中每一个过程均有可能产生误差，从而导致相当数量的误差积累。



数据源及产生过程 → GIS中的误差源

GIS中数据的误差源

6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.3 空间数据的误差源及误差传播

数据处理过程	误差来源
数据采集	<ul style="list-style-type: none">· 野外测量误差：仪器误差、记录误差；· 遥感数据误差：辐射和几何纠正误差、信息提取误差；· 地图数据误差：原始数据误差、坐标转换、制图综合及印刷等；
数据输入	<ul style="list-style-type: none">· 数字化误差：仪器误差、操作误差；· 不同系统格式转换误差：栅格—矢量互换、三角网—等值线互换
数据存储	<ul style="list-style-type: none">· 数值精度不够；· 空间精度不够：格网或图像太大、地区最小制图单元太大；
数据处理	<ul style="list-style-type: none">· 分类间隔不合理；· 多层数据叠加引起的误差传播：插值误差、多源数据综合分析等· 比例尺太小引起的误差；
数据输出	<ul style="list-style-type: none">· 输出设备不精确引起的误差；· 输出的媒介不稳定造成的误差；
数据使用	<ul style="list-style-type: none">· 对数据所包含的信息的误解；· 对数据信息使用不当；

6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.3 空间数据的误差源及误差传播

□ 空间数据质量问题原因

- 空间现象自身存在的复杂性、不稳定性和模糊性；
- 空间数据的获取和表达所产生的质量问题；
- 空间数据处理过程中产生的空间数据质量问题；
- 空间数据应用中产生的空间数据质量问题。

6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.4 误差类型分析

空间数据误差包括几何误差、属性误差、时间误差和逻辑误差四大类。其中又以图形几何误差和属性误差对数据质量影响最大。

误差类型	具体内容
地形图本身的误差	<ol style="list-style-type: none">1) 地形图的位置误差2) 地形图的属性误差3) 时间误差4) 逻辑不一致性误差5) 不完整性误差
数据转换和处理 的误差	<ol style="list-style-type: none">1) 数字化误差2) 格式转换误差3) 不同GIS系统间数据转换误差
应用分析时的误差	<ol style="list-style-type: none">1) 数据层叠加时的冗余多边形2) 数据应用时，由应用模型引进的误差

6.8 空间数据质量评价与控制

6.8.5 空间数据质量的控制

空间数据质量控制方法

- 传统的手工方法
- 元数据方法
- 地理相关法

数据质量控制应体现在数据生产和处理的各个环节

- 数据源的选择；
- 数字化过程的数据质量控制：
 - ✓ 数据预处理；
 - ✓ 数字化设备的选用；
 - ✓ 数字化对点精度(准确性)；
 - ✓ 数字化限差；
 - ✓ 数据的精度检查

- 6.1 概述
- 6.2 数据采集
- 6.3 数据编辑与拓扑关系
- 6.4 数学基础变换
- 6.5 数据重构
- 6.6 图形拼接
- 6.7 数据压缩
- 6.8 空间数据质量评价与控制
- 6.9 数据入库

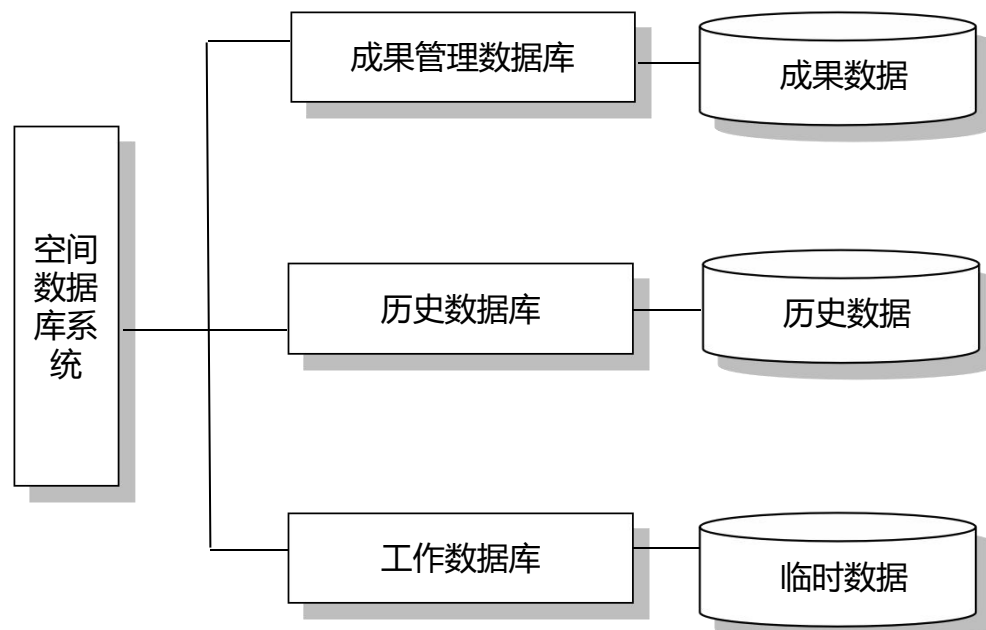
6.9 数据入库

6.9.1 数据入库流程

在空间数据库系统中，所有数据按照管理属性可分为三个子数据库。

- (1) 向用户提供的现势性最好的成果数据；
- (2) 被更新下来的成果数据（称为历史数据）；
- (3) 为了实现对成果数据在线检索查询、分析应用而建立的工作运行

数据库。

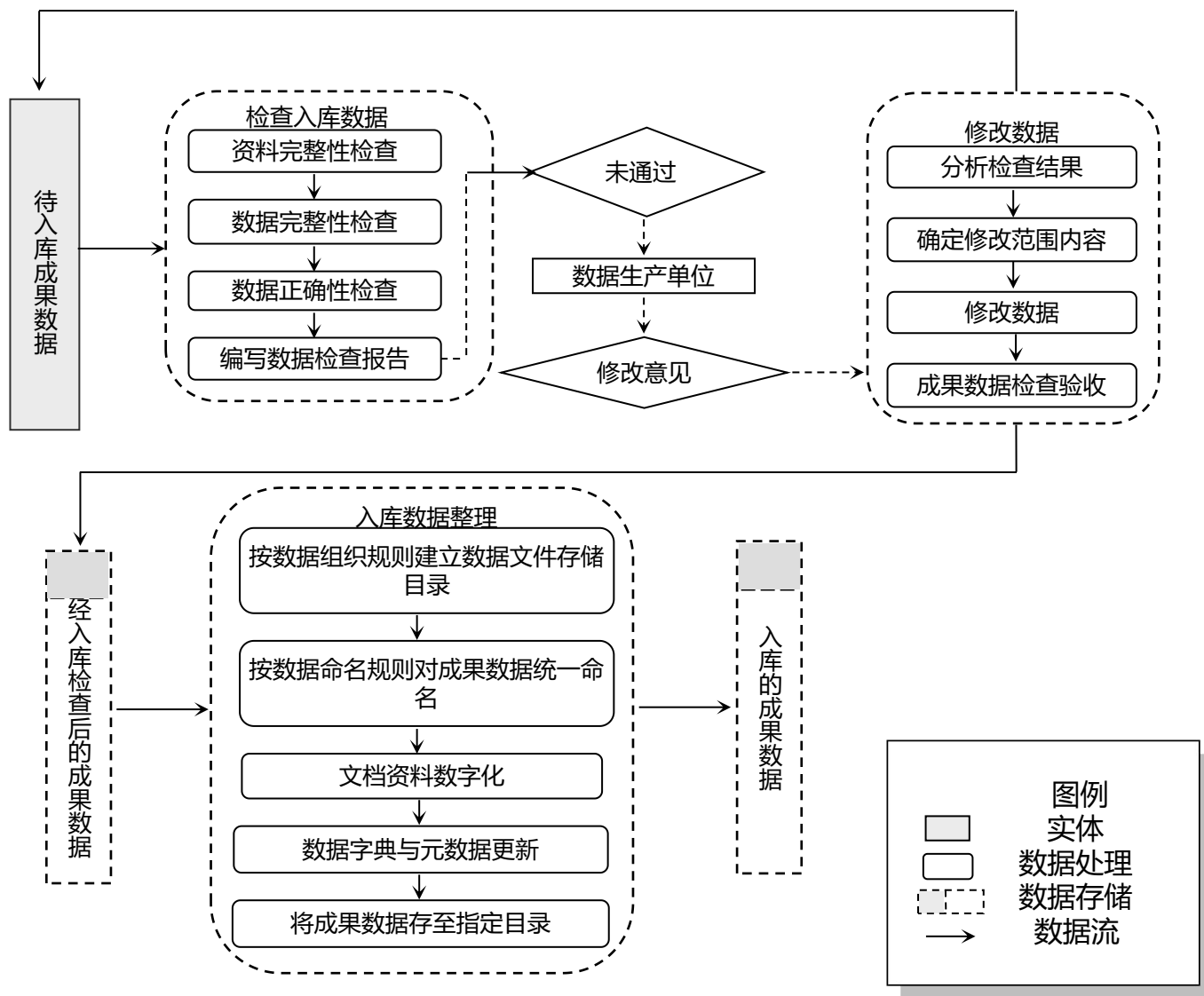


空间数据库系统基本结构

6.9 数据入库

6.9.1 数据入库流程

数据入库流程图



6.9 数据入库

6.9.2 元数据及其作用

元数据的英文名称是“Metadata”，它是关于数据的描述数据。在地理空间信息中用于描述地理数据集的内容、质量、表示方式、空间参考、管理方式以及数据集的其他特征，它是实现地理空间信息共享的核心标准之一。元数据的主要作用有：

- 帮助用户了解和分析数据
- 空间数据质量控制
- 在数据集成中的应用
- 数据存贮和功能实现

6.9 数据入库

6.9.2 元数据及其作用

美国联邦地理数据委员会 (Federal Geographical Data Committee, FGDC) 于1994年8月通过并发布第一版地理空间数据的元数据内容标准 (CSDGM, Content standard for digital geospatial metadata)。该标准获得了行业较为广泛的认可, FGDC于1997发布了第二版的CSDGM。

第二版的CSDGM包含7个主要子集和3个次要子集, 共有460个元数据实体 (含复合实体) 和元素。

6.9 数据入库

6.9.2 元数据及其作用

第二版元数据标准的主要内容

主要子集

标识信息

数据质量信息

空间数据组织信息

空间参照系统信息

实体和属性信息

发行信息

元数据参考信息

次要子集

引用文献 (引证) 信息

时间信息

联系信息



专业术语与思考题

专业术语

正解、反解、卷积、二值化、语义数据模型、拓扑、误差、偏差、不确定性、分辨率、元数据

复习思考题

一、思考题（基础部分）

- 1、GIS的数据源有哪些？简述其特征并叙述通过何种途径来获取这些数据源。
- 2、假设一条矢量等高线上的点太过密集了，如何减少占用系统的存储空间？你能给出多少方法？各有什么适用范围？
- 3、对于扫描仪输出的结果一般需要做哪些处理？
- 4、从地图上能得到GIS需要的所有数据吗？请举例说明。
- 5、如果两个作业小组各自从数字化仪上得到两张相邻图幅的地图数据，在GIS中不能准确对接，该怎么办？
- 6、如何发现进入GIS中的数据有错误？
- 7、比较栅格数据重采样的几种方法。

复习思考题

一、思考题（基础部分）

8、数据格式转换的途径有哪些？

9、空间数据共享的方法有哪些？

10、简述空间数据入库流程。

11、简述GIS空间数据编辑的主要内容和方法。

12、如何评价GIS的数据质量，以野外测量为例，分析其数据误差的来源。

复习思考题

二、思考题（拓展部分）

- 1、通过文献和网络资料，分析目前GIS的数据采集新技术方法。
- 2、思考以下几种GIS应用或数据生产中需要的数据源，并阐述原因。
 - (1) 1: 100万DEM;
 - (2) 1: 5万DEM;
 - (3) 我国东部某县的城区规划;
 - (4) 太湖地区水体富营养化调查。
- 3、设计一个GPS道路测量系统的硬件和软件构成，要求能测量出道路中心线、路面状况以及路边的附属设施（需应用GPS技术和GIS技术）；
- 4、空间数据共享的方法有哪些？简述空间数据共享中除技术因素外主要存在哪些方面的问题？